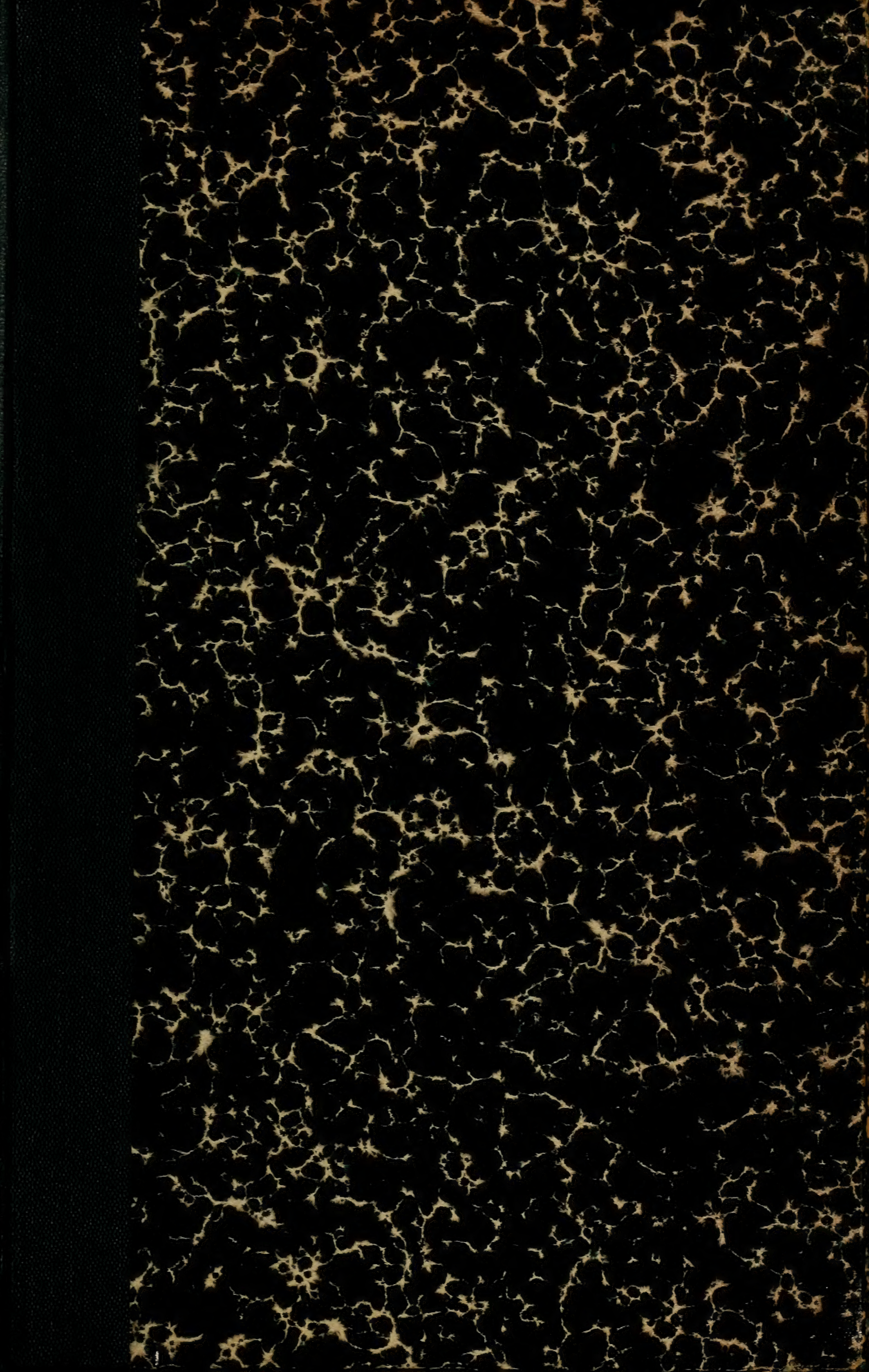
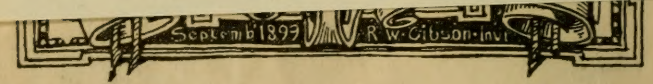



Septemb 1897
R W Gibson Inv

Genève. — Imprimerie Ramboz et Schuchardt.

BIBLIOTHÈQUE UNIVERSELLE

ET

REVUE SUISSE

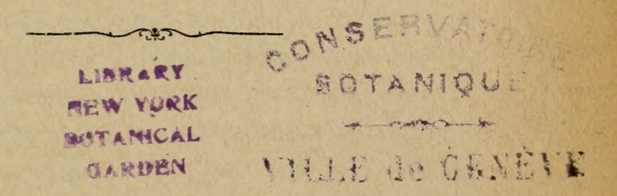
ARCHIVES

DES

SCIENCES PHYSIQUES ET NATURELLES

NOUVELLE PÉRIODE

TOME CINQUANTE-NEUVIÈME



GENÈVE

BUREAU DES ARCHIVES, RUE DE LA PÉLISSERIE, 18

LAUSANNE
GEORGES BRIDEL
Place de la Louve, 1

PARIS
SANDOZ et FISCHBACHER
Rue de Seine, 33

Dépôt pour l'ALLEMAGNE, H. GEORG, A BALE

1877

NOTICE

SUR MA

CARTE GÉOLOGIQUE DE LA PARTIE SUD

DES

ALPES VAUDOISES

ET RÉGIONS LIMITROPHES

PAR

E. RENEVIER

Professeur à la Faculté des Sciences de Lausanne.

(Pl. I.)

C'est en 1848 que je fis mes premières explorations dans cette région des Alpes, mais ce n'est guère qu'à partir de 1852 que j'en ai sérieusement commencé l'étude. Voilà donc bientôt vingt-cinq ans que je consacre à ce travail la majeure partie du temps dont je puis disposer pendant la belle saison, sans compter les travaux de cabinet pendant l'hiver. Aussi est-ce pour moi une vive jouissance d'avoir pu mener à bien cette entreprise, et débrouiller ce qui, dans l'origine, me paraissait un chaos inextricable.

En effet, les connaissances géologiques que l'on avait alors sur nos Alpes étaient bien minimes. Il est vrai que des savants d'un grand mérite, universellement appréciés, avaient exploré la contrée, mais cela à une époque déjà ancienne, où la valeur des fossiles commençait à peine à être connue, et où nos Alpes n'en avaient encore livré

qu'un bien petit nombre. Ceux-ci provenaient de quelques rares gisements, toujours à nouveau cités, comme le carbonifère d'Arbignon, le lias de Bex et le nummulitique des Diablerets.

M. B. STUDER, le nestor des géologues suisses et leur précurseur à tous, avait publié en 1834, sur les Alpes occidentales de la Suisse, un ouvrage classique pour l'époque, mais au point de vue essentiellement pétrographique, qui dominait alors.

DE CHARPENTIER, l'illustre directeur des mines de Bex, avait étudié la contrée au même point de vue, s'occupant plus spécialement des terrains salifères. C'est lui qui a guidé mes premiers pas dans les Alpes vaudoises, avec son ami et collègue CH. LARDY, le digne conservateur du Musée de Lausanne. L'un et l'autre, dans les dernières années, avaient recueilli un certain nombre de fossiles des localités précitées, ainsi que de quelques autres gisements, dont on leur doit la connaissance première, l'urgonien d'Argentine, le gault de l'Ecuellaz, le nummulitique des Essets, etc. Les fossiles de ces nouveaux gisements étaient restés pour la plupart indéterminés, et me furent communiqués pour détermination dès 1851.

M. le professeur A. FAVRE avait aussi publié en 1847, dans le Bulletin de la Société géologique de France, quelques aperçus géologiques sur les Alpes occidentales, mais relatifs principalement à la Savoie.

Enfin l'ouvrage le plus important, dans lequel il soit fait mention des Alpes vaudoises est celui de notre vénéré doyen, M. STUDER : *Geologie der Schweiz*. Naturellement la région qui m'occupe n'y joue qu'un très-petit rôle, mais les gisements fossilifères, alors connus, y sont pour la plupart mentionnés. Le tome deuxième, paru en

1852, utilise, dans ses listes de fossiles, mes déterminations d'alors.

Les Alpes bernoises, en revanche, avaient fait l'objet d'explorations très-actives, de la part des frères Meyrat, et avaient fourni à M. Ooster de grandes richesses paléontologiques. Je me demandais si nos Alpes vaudoises, étudiées avec persistance, ne nous donneraient pas un résultat analogue, et c'est ainsi que je fus amené à en faire mon principal champ de travail. Mais je n'avais point alors la prétention d'arriver à une carte géologique proprement dite; cela m'eût paru une espérance chimérique, vu l'extrême complication des couches, et la difficulté d'accès de nos montagnes. Toute mon ambition consistait pour lors à marquer sur la carte topographique fédérale au $\frac{1}{100000}$, l'emplacement exact de chaque gisement fossilifère, à mesure que j'aurais pu en constater moi-même l'existence; pour arriver ensuite, si possible, à relier entre eux ceux de même âge.

C'est ce que je fis avec persévérance pendant les premières années, m'occupant surtout à visiter chaque point où l'on me signalait des fossiles, à déterminer ceux que je pouvais obtenir, et à fixer ainsi l'âge des différents terrains de la contrée. En parcourant ainsi nos montagnes, elles me devinrent plus familières, et me dévoilèrent petit à petit leurs secrets. J'arrivai bientôt à des ébauches de carte géologique, non à l'échelle du $\frac{1}{100000}$, tout à fait insuffisante, mais sur des calques au $\frac{1}{50000}$, que le général Dufour voulut bien me permettre de prendre sur les minutes des levés fédéraux. Quant enfin parût la carte du Club alpin suisse: *Sud-Vallis* I, 1, qui n'est qu'une reproduction des dites minutes, ce fut pour moi une bonne aubaine, et je me donnai pour tâche de la colorier géolo-

giquement. Lorsqu'elle fut près d'être achevée, je l'offris à la *Commission géologique fédérale*, qui voulut bien se charger de la publier, me priant d'y joindre des coupes, et un texte explicatif.

Ma carte a été imprimée déjà en 1875, mais la commission attend le mémoire pour la livrer au public. Elle représente toute la région comprise dans l'angle du Rhône, au sud de la vallée des Ormonts. Elle renferme ainsi les beaux massifs des Diablerets, du Muveran, des Dents de Morcles, etc., plus quelques parties adjacentes sur la rive gauche du Rhône.

Cette carte sera accompagnée de quinze coupes, formant un réseau complet, dans les proportions vraies, c'est-à-dire avec la même échelle $\frac{1}{50000}$ pour les altitudes et pour les distances. Ces coupes sont actuellement à l'impression et ont été présentées à la Société vaudoise des sciences naturelles et à la Société de physique de Genève.

Dans cette dernière occasion, M. le professeur A. Favre insista pour avoir dans les *Archives* un résumé de mes travaux sur les Alpes vaudoises; c'est là l'origine de la présente Notice qui ne doit être, en effet, qu'un court résumé. Je ne pourrai guère ici que mentionner les résultats auxquels je suis parvenu, pendant ces vingt-cinq années d'études, et renvoyer pour les détails et pour la discussion au Mémoire, qui formera, avec la carte et les coupes, une des livraisons des *Matériaux pour la carte géologique de la Suisse.*

Quoique j'aie mis tous mes soins à faire un travail exact et consciencieux, je suis loin de prétendre à une connaissance parfaite de la contrée. Il restera encore beaucoup à faire pour en élucider tous les mystères; mais cela ne pourra se réaliser qu'à la longue; par la découverte

de nouveaux gisements fossilifères ; par l'exploration plus complète de cîmes et de parois difficilement accessibles, dont beaucoup sont encore vierges; et surtout enfin par des levés topographiques à plus forte échelle, plus exacts encore dans la représentation des rochers, et à cotes d'altitudes beaucoup plus nombreuses.

Telle qu'elle est néanmoins, je crois pouvoir dire, sans présomption, que ma *Carte géologique des Alpes vaudoises* peut compter parmi les plus exactes qui aient été publiées, sur une région de hautes montagnes s'élevant dès 400 à plus de 3200 mètres au-dessus du niveau de la mer.

J'énumérerai maintenant les différents terrains qui composent cette région, pour résumer ensuite rapidement leurs dispositions orographipues, si remarquablement compliquées.

SÉRIE STRATIGRAPHIQUE.

Nos couches fossilifères les plus anciennes appartiennent au terrain houiller. Celui-ci repose sur de puissantes assises de roches azoïques, plus ou moins cristallines, désignées souvent comme *terrain primitif,* mais dont la stratification ne me laisse aucun doute. Vu l'absence de débris organiques, on ne peut connaître l'âge de leur formation. Leur nature pétrographique, très-variée, indique qu'elles ont été modifiées postérieurement à leur dépôt. C'est pourquoi je les ai groupées sous le nom de *schistes et grès métamorphiques,* leur affectant d'ailleurs la teinte rose pâle, conformément au tableau de couleurs conventionnelles arrêté par la commission géologique fédérale.

1. Terrains métamorphiques.

Ces roches inférieures ne se montrent que dans l'angle sud-ouest de ma carte. Elles y forment deux massifs, distingués dès longtemps par MM. Studer, Favre, Gerlach, etc., comme continuation des deux massifs cristallins de la Savoie, dits *Massifs des Aiguilles rouges*, au nord, et *Massif du Mont-Blanc*, au sud. La vallée du Rhône, de Martigny à St-Maurice, coupe transversalement chacun d'eux, et détermine ainsi sur ma carte quatre lambeaux métamorphiques. Les deux lambeaux de la rive droite sont figurés dans la coupe annexée (Pl. I). Sur la rive gauche, le lambeau septentrional forme le Salantin (2495^m) et le Sex de Granges (2070^m) ; tandis que le lambeau méridional forme la montagne d'Arpille (2082^m) dont ma carte ne comprend que l'extrémité nord-est.

La nature pétrographique de ces terrains est extrêmement variable. La roche la plus abondante est celle que de Saussure avait nommée *pétrosilex*. C'est une roche siliceuse, grise ou verdâtre, très-dure, compacte ou finement grenue. Je la considère comme un *grès métamorphique*, plus ou moins feldspathique, une sorte d'*arkose* à grains fins, devenue plus compacte par la pression. Sur certaines surfaces, rongées par les agents atmosphériques, on peut voir les grains constitutifs parfaitement distincts, anguleux comme dans les arkoses, ou souvent aussi faiblement émoussés. J'y ai même rencontré parfois des morceaux tout à fait *poudinguiformes*.

La *stratification* de ce pétrosilex est dans beaucoup de cas difficile à saisir ; cela se rencontre de même dans les grès normaux, en bancs épais, par exemple dans certains

bancs de molasse. D'autres fois elle est parfaitement évidente, ainsi à la cascade de Pissechèvre, près de Lavey-les-Bains. La disposition stratifiée est surtout bien marquée lorsque le pétrosilex fait transition aux schistes et alterne avec eux. On le voit alors se charger de paillettes, de talc ou de mica, et passer insensiblement aux *talc-schistes* ou aux *micaschistes* les plus variés. Ceux-ci me paraissent ici jouer le même rôle que les intercalations marno-schistoïdes entre les bancs de grès molassiques. Ce sont sans doute d'anciennes argiles, plus ou moins magnésiennes, dans lesquelles le métamorphisme cristallin a fait naître des paillettes de mica ou de talc, suivant la prédominance des éléments alumineux ou magnésiens. J'ai même rencontré à plusieurs reprises dans ces schistes finement cristallins la *stratification ondulée*, si fréquente dans nos molasses schistoïdes, et que l'on attribue au clapotage des vagues (*Ripple-marks, Wellenschläge*). Enfin dans quelques coupes naturelles la masse tout entière du terrain métamorphique paraît disposée en *voûte*, cela m'a surtout frappé entre Évionnaz et la Balme, ainsi qu'entre Vernayaz et Martigny.

Sur quelques points du vallon de *Van*, sous le Salantin et le Sex de Granges, la roche prend un aspect *granitoïde;* on y voit de gros cristaux ou fragments de feldspath blanc, avec du mica noir ou bronzé en abondance. On pourrait être tenté d'attribuer ceci à des *filons granitiques* traversant les terrains métamorphiques; mais j'ai vainement cherché de tels filons, et je suis plutôt porté à considérer cette roche granitoïde, comme un *conglomérat bréchiforme*, interstratifié dans les terrains métamorphiques, dont les couches, au Sex de Granges, sont redressées presque jusqu'à la verticale.

2. Terrains carboniques.

Au-dessus des terrains précédents, viennent les assises considérables de conglomérat, quartzeux ou polygénique, dit habituellement *poudingue de Valorsine,* alternant avec les *schistes ardoisiers,* qu'on exploite à Salvan, Vernayaz, Dorénaz, Alesse, etc. La transition est tellement insensible que leur limite inférieure ne peut être tracée que d'une manière un peu arbitraire. La teinte gris foncé, qui représente sur ma carte les affleurements carboniques, exige donc quelques réserves. Il est même fort possible que tous les terrains métamorphiques précités appartiennent à la période carbonique, dont ils représenteraient alors les dépôts inférieurs. En tous cas, ces deux séries de terrains forment un grand ensemble, qui a subi les mêmes flexions et les mêmes modifications métamorphiques. On trouve, en effet, intercalés aux poudingues carbonifères, à Salvan, Marecotte, etc., des schistes cristallins tout à fait semblables à ceux dout je parlais tout à l'heure.

Les *schistes ardoisiers* forment deux zones principales, l'une à la base des poudingues, l'autre intercalée entre leurs bancs moyens ou supérieurs. Il existe d'ailleurs une grande variabilité dans leur distribution, et l'on peut constater à divers niveaux des alternances répétées de schistes et de poudingues.

L'*anthracite* se trouve intercalé dans ces schistes, principalement sur deux points. Une ancienne mine abandonnée, maintenant presque inaccessible par suite d'un éboulement, est située un peu en dessous des Chalets de Plex, et appartient à la zone inférieure des schistes. Un autre banc d'anthracite, qui appartient probablement à la

zone supérieure, a été mis à nu sur divers points, par des exploitations irrégulières, aux environs du Plan de la Mérenaz, au-dessus d'Alesse.

L'ensemble de ce terrain forme, sur la rive gauche du Rhône, un pli synclinal, compris entre les deux massifs métamorphiques de l'Arpille et du Salentin. Plus comprimé au sud-est vers la frontière de Savoie, le pli s'élargit de plus en plus jusqu'à la vallée du Rhône. Sur la rive droite, le même pli synclinal se distingue très-nettement au-dessus de Dorénaz. Il forme un V déjeté au nord, dont la branche sud s'élève verticalement, puis se renverse vers la mine de la Mérenaz, pour revenir à la position normale très-peu déclive, au dessous de Haut d'Alesse. De cette manière le pli carbonifère s'élargit de plus en plus et embrasse toute la base des Dents de Morcles (Pl. I), pour se prolonger de là, comme deux bras, l'un vers l'est jusque près de Saillon, l'autre au nord jusqu'aux environs de Morcles.

Grâce aux plantes fossiles trouvées dans ces terrains, il ne peut rester aucun doute sur leur âge. Dans les ardoisières de Salvan, Vernayaz et Alesse, on a trouvé quelques rares fougères, mais c'est surtout dans les schistes noirs, plus tendres, de la zone inférieure, qui ne sont guère exploités, que l'on trouve les meilleurs fossiles végétaux. Les plus riches gisements sont aux environs des chalets d'Arbignon, droit en dessous des Dents de Morcles. L'un d'eux, connu depuis longtemps sous les noms fautifs de Derbignon ou Erbignon, a fourni un bon nombre d'espèces; cet ancien gisement doit porter le nom de *Brayaz d'Arbignon*. L'autre, découvert seulement depuis que j'étudie la contrée, a fourni des empreintes végétales encore mieux conservées, très-nombreuses en individus,

plutôt qu'en espèces. Ce nouveau gisement, dit *Combaz d'Arbignon,* représente un niveau géologique un peu inférieur, et la flore en est aussi passablement différente. Le gisement le plus important après ceux-ci, la *Croix du Boet,* se trouve un peu au sud de Collonges, dans la paroi de rochers qui borde la vallée. Toutes ces plantes ont été étudiées par M. Osw. Heer et décrites dans sa *Flora fossilis Helvetiæ;* elles appartiennent incontestablement au terrain houiller proprement dit. Je m'abstiens d'aucune citation, puisque tout cela est déjà connu.

Les *poudingues rouges* des Gorges (Outre-Rhône), que M. Studer avait considérés comme représentant peut-être le permien, appartiennent à ce terrain, et n'en sont pas même la partie la plus supérieure. Je n'ai rien trouvé dans notre région qui puisse être attribué au permien. Au point de vue paléontologique, il paraît y avoir ici *lacune,* depuis l'âge houiller jusqu'à l'âge rhétien.

Je dois encore signaler trois sortes de roches qui se rencontrent parfois à la partie supérieure de notre terrain carbonique. A Tsinsaut, en dessous de Morcles, se voit un *grès bréchiforme rouge,* qui par places prend tout à fait l'aspect du *porphyre.* De l'autre côté de la vallée du Rhône, dans les Gorges de St-Barthélemi, se trouve une roche semblable, d'un aspect encore plus porphyroïde; pétrographiquement c'est tout à fait un *porphyre,* contenant des cristaux grisâtres dans une pâte rouge. Néanmoins je n'hésite pas à considérer cette roche comme une simple variété bréchiforme du poudingue carbonifère, car sa stratification ne me paraît pas douteuse. Des cas semblables ont déjà été cités par M. Favre et par le regretté Gerlach.

C'est ensuite un grès blanchâtre grossier, semblable à

l'*arkose*, qui est assez développé aux environs de Morcles, à la limite supérieure du carbonifère. Il a été signalé depuis longtemps par M. le professeur Favre qui l'assimile au trias inférieur.

Ce sont enfin des *schistes rouges et verts*, peu épais, que j'ai rencontrés plus fréquemment encore dans cette même position limitrophe, par exemple au Col de Jora, au Plan Lérié, etc., et que M. Favre considère également comme triasiques. Je n'ai pu trouver aucun renseignement qui confirme ou infirme cette double assimilation.

3. Terrains triasiques.

Comme MM. A. Favre, Lory, Hébert et beaucoup d'autres, je suis porté à classer dans le Trias tous les *gypses*, *cargneules* et *calcaires dolomitiques* du domaine de ma carte. Je n'y ai trouvé, il est vrai, aucune trace de fossile, mais la position stratigraphique de ces roches me paraît l'exiger.

M. *Sylv. Chavannes* [1], au contraire, attribue à nos gypses et à nos cargneules une *origine épigénique*, et les distribue à des niveaux géologiques très-divers. Ce n'est pas ici le lieu de discuter cette théorie. Mais je dois dire que j'ai trouvé généralement ces roches nettement stratifiées, et dans des positions géologiques semblables, qui ne permettent pas de leur attribuer des âges différents. L'hypothèse de leur épigénie me paraît pour le moins superflue.

Je considère au contraire nos gypses et nos cargneules comme *syngéniques* et *hydatogènes*. Leur formation me paraît due à des mers intérieures ou *lacs salés*, analogues à la mer Morte. Suivant le degré de concentration des

[1] Bull. Soc. vaud. Sc. nat. XII, p. 109.

eaux, qui dépend, comme l'on sait, d'une part de l'évaporation, de l'autre de la profondeur, ces nappes devaient donner lieu à différents dépôts, d'inégale solubilité.

Les *calcaires dolomitiques* devaient se former dans les eaux moins profondes, à salure moins forte; leur dépôt est sans doute d'origine mixte, en partie sédimentaire, en partie hydro-chimique; de là les *brèches dolomitiques* et les *cargneules,* de nature si hétérogène.

Les *gypses,* déjà un peu solubles, n'ont pu se déposer que dans des eaux plus cencentrées, donc dans les parties plus profondes, ou plus évaporées, des lacs salés. Cela explique l'absence du gypse là où le trias n'a qu'une faible épaisseur, et sa présence toujours plus ou moins accidentelle, souvent en lambeaux sporadiques, *interstratifié* au milieu des cargneules et des calcaires dolomitiques.

Enfin le *sel gemme,* infiniment plus soluble, exige pour sa précipitation des eaux beaucoup plus concentrées, déjà débarassées de leurs éléments moins solubles. Il ne peut donc s'être déposé qu'à de grandes profondeurs, ou dans des nappes isolées à demi évaporées. Voilà pourquoi nous le trouvons *toujours dans l'anhydrite,* dont il forme un accident local, et sur les points seulement où le terrain gypseux atteint ses plus grandes épaisseurs.

Cette manière de concevoir la formation de nos terrains triasiques me paraît, mieux que toute autre, rendre compte des faits, observés dans nos Alpes. Elle a de plus l'avantage d'être en parfait accord avec le principe des *causes actuelles.* Je n'invoque en effet aucun phénomène, qui n'ait été constaté dans l'étude des nappes salées actuelles. La Mer morte en particulier, si bien explorée il y a quelques années par M. L. Lartet, m'a fourni les prin-

cipaux termes de comparaison. Il s'y forme encore journellement des dépôts hydro-chimiques de gypse et de sel gemme.

Quant à l'*âge triasique* de cet ensemble de terrains, voici sur quoi je le motive. Partout où leur base est visible, et d'âge déterminé, ce *substratum* appartient au carbonifère, par exemple sous les Dents de Morcles (Pl. I). Le gisement de Brayaz d'Arbignon est sous ce rapport un des plus instructifs ; la cargneule y repose sur le carbonifère, à une petite distance verticale du gisement de fougères, qui ne représente certainement pas les couches carboniques les plus supérieures. Il y a donc discordance transgressive entre les deux terrains, ce qui suppose un certain laps de temps entre leurs dépôts respectifs.

D'autre part les terrains de gypse et de cargneule sont recouverts par des étages très-divers, dont le plus ancien est le *rhétien*. En dessous du village de Fontany, près Aigle, la cargneule, à peu près verticale, est adossée au rhétien fossilifère, qui s'appuie à son tour contre l'hettangien. Mais c'est surtout en dehors de ma carte, et particulièrement aux environs de Villeneuve et de Montreux, que la superposition du rhétien sur la cargneule et le gypse est de toute évidence. Intercalés entre le carbonifère et le rhétien, avec transgressivité sur ce dernier, il y a toute probabilité que les gypses et cargneules appartiennent au *trias*, comme le fait pressentir d'autre part leur analogie pétrographique avec le trias supérieur du midi de la France, du lac de Côme, des Grisons, etc.

Une seule solution différente me paraîtrait possible ; ce serait de rattacher au rhétien, comme partie inférieure, nos gypses et nos cargneules. Cette idée n'aurait rien d'étrange, puisque, dans les Alpes orientales entre autres, le

rhétien est bien plus épais que chez nous, et qu'en Franche-Comté, comme dans le Midi, on trouve des bancs de cargneule intercalés dans le vrai rhétien. Toutefois les conditions si différentes de la formation de ces deux terrains dans nos Alpes, me paraissent légitimer leur séparation, et même leur attribution à deux périodes différentes. Entre eux en effet a dû se produire un *affaissement* considérable des Alpes occidentales, qui a permis l'empiétement de l'océan rhétien sur une grande étendue de pays, précédemment émergée, ou occupée par des lacs salés, privés sans doute de toute vie organique.

Nos terrains triasiques sont surtout étendus au nord-ouest de ma région, c'est-à-dire aux environs d'Ollon, Bex, Gryon, etc. C'est là notre *contrée salifère*, formée de montagnes relativement peu élevées, dont la cargneule et le gypse, irrégulièrement entremêlés, constituent pour ainsi dire la charpente. Une grande partie de cette contrée est recouverte de graviers erratiques, qui en rendent l'étude beaucoup plus difficile. Dans les parties épargnées, ou postérieurement dénudées, j'ai constaté divers *replis synclinaux* occupés par des lambeaux de lias, de bajocien et de flysch.

On retrouve le trias au fond de la vallée de la Liserne, au pied des formidables parois rocheuses des Diablerets et du Mont-Gond. Il constitue là un affleurement restreint, recouvert par le jurassique inférieur bélemnitifère. Le gypse y est très-subordonné à la cargneule et ne forme que deux lambeaux de quelque importance, près des chalets de Vozé et de Mont-bas.

Dans la partie sud-ouest de ma carte, le trias forme un ruban presque continu qui borde la région carbo-méta-

morphique. J'ai suivi presque partout cette bande triasique : de Salanfe, sous la Dent du Midi, jusqu'à la vallée du Rhône au sud de St-Maurice; puis de Lavey-les-Bains, par Morcles, Arbignon et les lacs de Fully, jusqu'à Saillon ; interrompue par la vallée du Rhône, la bande reprend vis-à-vis, à Saxon-les-Bains, et s'élève delà en écharpe sur le flanc de la montagne, dans la direction de Venze. Cette bande, en général peu épaisse, est tout entière formée de cargneule et de calcaire dolomitique, sauf au-dessus de Charrat, à la Giéte et plus à l'ouest, où elle contient quelques lambeaux de gypse.

Les plâtrières de Charrat, si souvent mentionnées, sont au contraire au bord de la vallée, à mi-chemin entre Saxon et Charrat, et forment un petit lambeau séparé, en dessous du carbonifère. Je le considère comme un petit repli synclinal, prolongement de celui de la Batiaz et du col de la Forclaz. Là aussi le gypse est interstratifié dans le calcaire dolomitique et la cargneule.

4. Terrains liasiques.

La teinte violette, adoptée pour le lias, ne figure guère qu'à l'angle nord-ouest de ma carte, c'est-à-dire dans la région salifère précitée. Le lias y forme des lambeaux plus ou moins étendus, compris dans les replis du trias. La roche, tantôt calcaire, tantôt marno-schisteuse, se distingue en général par sa couleur foncée. D'après les fossiles, assez nombreux, recueillis dans divers gisements, je puis y distinguer de bas en haut les subdivisions suivantes :

a) Rhétien.— Ce terrain beaucoup plus développé dans la partie septentrionale des Alpes vaudoises, où je l'ai

signalé déjà en 1864 [1], ne fait qu'effleurer mon champ d'études actuel. Depuis Aigle jusqu'aux environs du Sépey, il forme, le long du cours de la Grande-Eau, une bande continue de calcaires foncés avec alternances marneuses, en bancs verticaux, ou renversés au nord-ouest sur l'hettangien. D'un accès généralement difficile, à cause du profond escarpement de cette gorge, ces couches m'ont pourtant fourni sur plusieurs points des fossiles incontestables, parmi lesquels *Avicula contorta* joue le principal rôle. Les deux meilleurs gisements sont sous le village de *Fontany*, à l'angle nord-ouest de ma carte, et à *Vuargny*, un peu plus au nord, hors de ses limites. Cette bande devait former à peu près le rivage sud-est de la mer rhétienne, car au delà je ne connais plus aucun fossile de cet âge.

b) Hettangien. — Cet étage forme une bande parallèle au nord-ouest de la précédente. Ce sont des calcaires foncés, en bancs plus réguliers, par places remplis de *Cardinia, Lima, Pecten valoniensis, Ostrea irregularis*, etc. J'ai déjà fait connaître, dans la notice précitée, leurs principaux gisements. Dans d'autres lambeaux liasiques de la région salifère, j'ai aussi trouvé quelques fossiles hettangiens, entre autres *Ammonites Moreanus*, mais sans pouvoir en distinguer nettement les couches.

c) Sinémurien. — Le principal gisement de fossiles de cet étage, ou plus exactement de l'étage *gryphitien*, se trouve au centre de la région salifère, dans un petit repli synclinal de lias, près de l'entrée de la mine de sel du *Coulat*. Il est connu de longue date, et a fourni en abondance les fossiles classiques de ce niveau : *Am. bisulcatus*,

[1] Notices géol. et paléont. I Infralias.— Bull. Soc. Vaud. sc. nat. VIII, p. 39.

Lima gigantea, Gryphæa arcuata, etc. J'ai obtenu des fossiles sinémuriens de plusieurs autres points de cette même région, Huemoz, Pallueyres, etc.

Un autre gisement, que j'ai découvert il y a quelques années avec mon ami le docteur Ph. de la Harpe, est surtout intéressant par sa position. C'est un petit lambeau liasique, situé dans un repli évasé de la cargneule, tout près du gisement carbonifère de *Brayaz d'Arbignon* (Pl. I). Nous n'y avons trouvé qu'un petit nombre de fossiles, mal conservés, mais parmi lesquels j'ai pu reconnaître avec certitude *Ammonites bisulcatus*. Je n'y ai point pu trouver de fossiles rhétiens ni hettangiens ; il est probable qu'ici, comme au Coulat, le sinémurien repose immédiatement sur la cargneule.

La mer sinémurienne se serait donc étendue bien plus au sud que la mer rhétienne, sans doute sous forme d'un *golfe*, qui coïncidait peut-être avec la vallée actuelle du Rhône. En effet, dans tout le reste de la contrée le sinémurien paraît faire défaut, et la cargneule se trouve immédiatement recouverte tantôt par le toarcien (Bretaye, etc.), tantôt par le bajocien (Vozé), ou même par d'autres terrains plus récents.

d) *Toarcien.* — Le lias supérieur forme, dans la région salifère des environs de Bex, un ensemble de couches marno-schisteuses beaucoup plus étendu que le lias inférieur. Comme c'est le cas général dans les Alpes, il n'est guère facile d'en distinguer le lias moyen, dont j'ai obtenu il est vrai quelques fossiles, *Am. margaritatus*, etc., mais qui paraissent mêlés avec ceux du lias supérieur.

Les deux principaux gisements de fossiles toarciens sont : celui de *Trichenoire*, non loin du Coulat et dans le même pli synclinal, et celui du *Crêt à l'Aigle*, près Fena-

let, situé dans un autre lambeau synclinal, plus près de la vallée du Rhône. L'un et l'autre ont fourni abondance de fossiles, surtout des Ammonites aplaties, plus ou moins bien conservées. J'en ai obtenu également de divers autres points avoisinants. Les types les plus fréquents sont : *Belemnites niger, Ammonites bifrons, Am. serpentinus, Am. Comensis,* etc.

Un peu plus à l'est, et plus haut dans la montagne, se trouvent, par lambeaux très-nombreux, et souvent de peu d'étendue, des *schistes noirs* friables, disséminés à la surface du trias, ou apparaissant sous le bajocien. Ils contiennent souvent des *Posidonomyes,* et plus rarement quelques Ammonites et Belemnites. C'est dans le massif de Chamossaire et de Perche que ces couches sont les plus étendues. Dans ma carte je les ai attribuées au toarcien, dont elles représentent probablement l'étage supérieur, *opalinien.* En tout cas elles nous font connaître que vers la fin de l'époque toarcienne la mer s'est avancée assez loin du côté de l'est, ce qui suppose la propagation du mouvement d'affaissement dans cette direction. J'ai reconnu des lambeaux de ces schistes sur les flancs de la Chaux-ronde, origine de la chaîne des Diablerets.

5. Terrains jurassiques.

Bien plus répandus que le lias, ces terrains dessinent sur ma carte trois principales régions. Au nord la vallée de la Haute-Gryonne, où ne se trouve, par-dessus le toarcien, que du jurassique inférieur. A l'est la chaîne du Mont-Gond, formée en grande partie des couches jurassiques supérieures et inférieures, se prolongeant au nord jusqu'à la base des Diablerets. Au centre enfin les massifs

des Muverans, Dent-Favre, Haut-de-Cry, Grande-Garde, etc., formés essentiellement de jurassique supérieur et moyen.

Vu la grande rareté des fossiles, j'ai dû me laisser guider, surtout dans cette dernière région, par la nature pétrographique, qui m'a peut-être parfois induit en erreur. C'est cette grande étendue jurassique du versant valaisan que je considère comme la partie la moins exacte de ma carte.

Voici, à commencer par le bas, les subdivisions que j'ai pu établir :

a) Jurassique inférieur.—Toute la contrée de la Haute-Gryonne, à partir d'Arveyes, est formée d'un même système de calcaires marno-schistoïdes foncés, parsemés de paillettes micacées. Sur quelques points seulement ils ont fourni des fossiles : les plus fréquentes sont les grands fucoïdes en panache, *Cancellophycus scoparius*, puis *Ammonites Humphriesianus*, des Bélemnites, etc. Les *Rocs des Fares* et les *Prez* sont les deux principaux gisements, situés l'un et l'autre non loin d'Arveyes, au bord de la Gryonne. Leur âge ne saurait être douteux, c'est du *Bajocien* bien caractérisé; mais il est fort possible que les autres étages de la série bathonienne soient représentés par les couches supérieures, jusqu'ici sans fossiles, qui sont fort étendues.

Dans les autres régions de ma carte je n'ai pu reconnaître le jurassique inférieur que par sa nature pétrographique analogue, et son infraposition aux schistes oxfordiens. Il est toutefois incontestable qu'à l'époque jurassique inférieure la mer s'est déplacée, quittant la région salifère, pour se reporter vers l'est et s'étendre jusque

près de Sion, au travers du massif des Diablerets et de la chaîne du Mont-Gond.

b) Jurassique moyen. — Grâce à ses nombreux fossiles, ce terrain est le mieux déterminé de la série jurassique, en même temps que sa structure schisteuse très-feuilletée permet de le poursuivre facilement, et même de le reconnaître à distance. Il fallait bien cela pour déchiffrer les dispositions anormales, si compliquées, de la chaîne du Muveran, où se trouvent nos meilleurs gisements oxfordiens.

Dans ces schistes, d'un gris plus ou moins foncé, se rencontrent en abondance des *Bélemnites tronçonnées* ou *étirées* [1], preuve si évidente que la lamination des schistes est due à une pression transversale, produisant un étirement longitudinal. Avec elles se trouvent en plus ou moins grand nombre de petites Ammonites, souvent pyriteuses, et quelques autres fossiles. Les trois principaux gisements sont : le col entre les deux Muverans, dit *Frête de Saille*, le bord méridional du glacier de *Forclaz*, et à l'extrémité orientale du même glacier, le *Pont de Derbon*. M. P. Choffat qui a bien voulu étudier récemment les fossiles de ces trois gisements, y a reconnu une cinquantaine d'espèces, parmi lesquelles les plus abondantes sont : *Belemnites hastatus, Ammonites Lamberti, Am. Arduennensis, Am. Martelli (plicatilis), Am. tortisulcatus,* etc. C'est évidemment la faune des marnes oxfordiennes de Besançon, Champagnole, Jura bernois, ainsi que de l'argile de Dives (Calvados), c'est-à-dire la faune *divésienne*.

Du faîte de la chaîne, où ils forment les trois cols entre le Grand-Muveran et la Dent-Favre, ces schistes ox-

[1] Bull. Soc. vaud. Sc. nat. IV, p. 384. — Bull. Soc. géol. 3e S. IV, p. 532 et 540.

fordiens descendent sur le versant valaisan jusqu'à la vallée du Rhône, aux environs de Chamoson et de Leytron; mais ils s'appauvrissent de plus en plus. Le dernier point fossilifère que j'ai pu constater est la mine de fer de Chamosentze, dont le niveau paléontologique est analogue, mais pourtant pas tout à fait identique.

Ces mêmes schistes divésiens se retrouvent, avec leurs fossiles caractéristiques, mais moins nombreux et moins bien conservés, au pied de la paroi sud des Diablerets, dans les gisements de Vélard (Anzeindaz), des Toulards et de Vozé. Delà ils se continuent, mais sans fossiles constatés, jusqu'au fond de la Liserne, et tout le long de la chaîne du Mont-Gond, jusque près de la chapelle de St-Bernard (Avent). Dans ce dernier parcours ils sont encore plus feuilletés, beaucoup plus brillants, d'un gris généralement plus clair, et mériteraient bien le nom de *schistes lustrés.*

c) Jurassique supérieur. — Dans les massifs des Diablerets, Mont-Gond, Haut de Cry et Muveran, s'élèvent au-dessus des schistes oxfordiens d'immenses parois d'un calcaire compacte, d'un gris plus ou moins foncé, où les fossiles sont très-rares et très-mal conservés. Ce sont quelques mauvaises Ammonites, Rhynconelles, etc., qui ressemblent à des types jurassiques supérieurs. Je ne puis donc pour le moment préciser davantage. Peut-être y constatera-t-on un jour divers étages jurassiques, et même dans le haut les couches valangiennes.

Ces masses calcaires semblent se prolonger vers l'ouest pour former les massifs de la Grande-Garde, du Grand-Chavalard, la paroi de Ballacrétaz sur Arbignon (Pl. I), et entourer, presque dans tout son parcours, la bande triasique précédemment décrite. Vu l'absence de fossiles,

et l'uniformité pétrographique, je ne puis dire si ces derniers calcaires représentent seulement le jurassique supérieur, ou peut-être la série jurassique tout entière.

Le mouvement d'*affaissement* du sol, que nous avons vu se produire graduellement depuis l'origine du lias, s'est propagé maintenant du côté du sud; de sorte qu'à l'époque du jurassique supérieur la mer a envahi la plus grande partie de la contrée, ne laissant émergées que la région carbo-métamorphique au sud-ouest, et la région salifère au nord-ouest. Cette dernière s'était un peu étendue à l'est par l'émersion du massif de Chamossaire et de la Haute-Gryonne.

6. Terrains néocomiens.

C'est vers la fin de la période jurassique que la dépression du sol paraît avoir atteint son maximum. Depuis lors nous assistons de nouveau à un mouvement d'exhaussement, qui réduit petit à petit cet océan aux dimensions d'un simple bras de mer, allant du sud-ouest au nord-est, et finit par émerger entièrement la contrée. C'est sans doute à cette disposition géographique que nous devons la diversification plus grande de nos dépôts crétacés, et la présence de plus en plus abondante des fossiles.

Les subdivisions que j'ai pu établir dans les terrains néocomiens sont dès lors beaucoup plus nombreuses. Je distingue en premier lieu deux grands groupes bien différents l'un de l'autre, au double point de vue pétrographique et paléontologique.

A. Groupe inférieur ou Néocomien proprement dit.

Cette première série néocomienne consiste en schistes marno-calcaires, et en calcaires plus ou moins schistoïdes,

généralement de couleur foncée. Elle occupe encore sur ma carte une assez vaste étendue ; mais une certaine variabilité de *faciès* ne permet pas d'en paralléliser exactement tous les représentants. Avant d'exposer la série stratigraphique habituelle, il faut que je mentionne un faciès particulier qui représente peut-être tout le néocomien proprement dit, mais dont je n'ai pas pu établir, d'une manière certaine, les rapports avec les subdivisions normales.

A') *Néocomien à céphalopodes* (N^1 sur ma carte). — C'est un calcaire compacte, gris plus ou moins foncé, en bancs généralement peu épais, séparés par des interstices plus schistoïdes. Ce terrain, d'une puissance totale considérable, forme une zone continue indépendante, entre la chaîne des Diablerets et celle d'Argentine, depuis Cheville à l'est jusqu'à Javerne à l'ouest, et même jusqu'à la Tour-de-Duin, près de Bex. Presque partout j'y ai recueilli quelques fossiles, assez frustes sans doute, mais suffisants pour établir la continuité des couches. Quelques gisements privilégiés, ceux en particulier de *Solalex, Méruit, Mattélon,* m'en ont fourni de meilleurs et en plus grand nombre, susceptibles de détermination. La faune, composée essentiellement de céphalopodes, est tout à fait semblable à celle du Stockhorn, de Châtel-St-Denis, des Basses-Alpes, dite ordinairement *néocomien alpin.* Les espèces essentielles sont : *Belemnites pistiliformis, Aptychus Seranonis, Ammonites subfimbriatus, Am. Rouyanus, Am. Thetys, Terebratula diphyoïdes,* etc.

a) *Schistes néocomiens inférieurs* (N^2 sur ma carte). — Dans la plus grande partie de ma région néocomienne, les couches reposant sur le calcaire jurassique sont des schistes foncés, argilo-calcaires, plus ou moins feuilletés,

très-pauvres en fossiles. J'ai tout lieu de les croire néocomiens. Sur quelques points, on y trouve de petites Ammonites pyriteuses, qui rappellent celles des marnes néocomiennes du midi de la France; celles que j'ai obtenues ne m'ont pas encore permis une détermination plus précise du niveau. En quelques endroits : Bovonnaz, Javernaz, etc., ces schistes paraissent sortir de dessous le néocomien à céphalopodes; plus généralement ils sont recouverts par l'assise suivante.

b) *Calcaire gris néocomien* (N[3] sur ma carte.) — C'est un banc assez épais de calcaire compacte, foncé à la cassure, mais d'aspect gris-clair à l'extérieur. Généralement pauvre en fossiles, il a pourtant fourni par-ci par-là quelques espèces néocomiennes, comme : *Ostrea Couloni,* par exemple, recueillie dans ces couches, derrière Pont-de-Nant.

c) *Néocomien brun à Toxaster* (N[4] sur ma carte). — Au-dessus de l'assise précédente vient un calcaire irrégulièrement schistoïde, gris-bleuâtre à la cassure, mais habituellement brunâtre à l'air. Au point de vue paléontologique, c'est, de mes niveaux néocomiens, un des mieux caractérisés, quoique les fossiles n'y soient ni très-fréquents, ni très-bien conservés; mais la présence de *Nautilus pseudo-elegans, Ostrea Couloni,* et surtout *Echinospatagus cordiformis (Toxaster complanatus)* ne laisse aucun doute sur l'âge de ce dépôt. Les principaux gisements fossilifères sont le haut du *Lapié de Cheville,* et le bas du glacier de *Paneyrossaz,* mais un peu partout on y trouve, soit de petites Rhynconelles voisines de *Rh. multiformis,* soit des *Toxaster,* dont le plus souvent on ne voit que la coupe à pourtour spathique.

Toxaster complanatus avait déjà été cité par M. Lardy

à Souvent, entre Bex et St-Maurice. Il fut retrouvé par M. Ph. de la Harpe dans le calcaire brunâtre formant le haut de la paroi de rochers qui domine St-Maurice. Tout le bas de cette grande paroi est formé en revanche d'un calcaire compacte plus foncé, probablement aussi néocomien, dans lequel a été percé le tunnel du chemin de fer. C'est là que M. de la Harpe avait trouvé des *Requienia*[1], qui lui firent penser que ce calcaire noir était *urgonien*, et que le néocomien était renversé par dessus. D'après mes observations dans la contrée d'alentour, je ne crois pas ce renversement possible, et je considère ce calcaire noir comme une dépendance du néocomien inférieur.

Cette triade d'assises néocomiennes (*a*, *b*, *c*) se reconnaît assez facilement dans les massifs centraux de ma carte: Diablerets, Montacavoère, Tête-Pegnaz, Paneyrossaz et Argentine. Au sud-est de Pont-de-Nant, elle se montre dans l'ordre renversé, vient ainsi former le haut des Savolaires, et s'élevant en écharpe sur le versant ouest de la chaîne du Muveran, elle aboutit au sommet des Dents de Morcles (Pl. I).

B. Groupe néocomien supérieur ou série urg-aptienne.

Formé essentiellement de calcaires compactes blancs ou grisâtres, cet ensemble de couches tranche, par sa couleur claire, avec les terrains avoisinants et se laisse facilement reconnaître de loin. La rigidité de la roche lui fait jouer dans la contrée un rôle orographique important; plusieurs de nos montagnes lui doivent leur proéminance: Montacavoère, Argentine, Petite-Dent de Morcles, etc. Son existence n'a pu être constatée que dans une zone

[1] Bull. Soc. vaud. Sc. nat. VI, p. 139.

centrale, qui coupe ma carte en diagonale du sud-ouest au nord-est, et comprend nos chaînes les plus élevées. J'y vois la preuve de la continuation du soulèvement qui réduisit la mer à l'état de canal long et étroit, analogue, par exemple, aux manches du Danemark.

Je puis distinguer dans cette série les étages suivants, paléontologiquement bien caractérisés :

a) *Urgonien* (U^1 sur ma carte). — Calcaire blanc très-compacte, gris-clair à la cassure, exceptionnellement gris de fumée. De loin on pourrait facilement le confondre avec le calcaire gris néocomien N^3, mais il s'en distingue facilement à la cassure. Ce calcaire urgonien contient habituellement des *Requienia* plus ou moins abondantes, mais souvent difficiles à extraire. C'est un niveau bien connu dans les Alpes latérales nord, caractérisé ici comme ailleurs par *Requienia ammonia* et *Sphærulites Blumenbachi*, qui en sont les fossiles les plus habituels.

Cette assise a une épaisseur assez considérable : elle constitue presque en entier la montagne d'Argentine, qui lui doit son nom ; normalement inclinées du côté nord, les couches urgoniennes sont verticales au milieu de la chaîne et renversées à son extrémité sud-ouest, dite le Lion d'Argentine ; elles nous présentent ainsi le plus bel exemple de *torsion hélicoïde* que je connaisse dans nos Alpes. — L'urgonien forme aussi la plupart de nos *lapiés* (*Karrenfelder*), par exemple, ceux de Saufleuron, de Miet, de Cheville, etc. ; mais en général il se présente plutôt en parois abruptes, d'autant plus difficiles à escalader que la roche en est très-glissante.

b) *Rhodanien* (U^2 sur ma carte). — A la partie supérieure de ces parois, se voit généralement une zone plus jaunâtre, souvent un peu plus marneuse, parfois remplie

d'*Orbitolites.* Dans les chaînes de Dent-Rouge et des Dents de Morcles, ces couches calcaires, toujours caractérisées par leurs Orbitolites, deviennent par places rougeâtres ou verdâtres, et se dessinent ainsi de loin. C'est à *la Cordaz* que je les ai trouvées le plus fossilifères, et que j'ai pu y constater quelques espèces rhodaniennes classiques : *Pterocera pelagi, Heteraster oblongus, Orbitolina lenticularis,* ainsi que *Requienia Lonsdali* qui, dans les Alpes comme à la Perte du Rhône, habite particulièrement ce niveau, plutôt que l'urgonien proprement dit.

Dans tout le massif des Diablerets le rhodanien fait absolument défaut, ou du moins m'a toujours échappé, et l'urgonien paraît clore la série crétacée. L'exhaussement du sol s'est donc accentué bien plus qu'auparavant, et surtout vers le nord. Il semblerait que le bras de mer urgonien ait été transformé en un golfe étroit venant du sud-ouest, et se terminant aux environs du petit lac de Derborence.

c) *Aptien* (U^3 sur ma carte). — Cet étage, si rarement cité dans les Alpes, m'est révélé par quelques lambeaux fossilifères, intercalés entre le rhodanien et le gault, principalement à l'*Écuellaz,* la *Cordaz* et *Argentine.* C'est un calcaire compacte foncé, contenant un bon nombre de ces gros bivalves qui caractérisent les grès durs de la Perte du Rhône : *Astarte obovata, Trigonia caudata, Pecten aptiensis, Ostrea aquila,* etc.

7. Terrains méso-crétacés.

Les terrains crétacés moyens constituent dans les Alpes vaudoises une série très-intéressante, et relativement riche en fossiles, que j'ai décrite fort en détail dans

mes Notices sur Cheville[1]. Je ne ferai donc qu'en rappeler les trois étages, et en indiquer la distribution géographique.

a) *Albien* ou *Gault inférieur* (C[1] sur ma carte). — Calcaire schistoïde, noirâtre, lustré, et grès jaune verdâtre à fossiles noirs, avec *Ammonites mamillatus*, *Solarium Hugianum*, *Inoceramus Salomoni*, *Hemiaster minimus*, etc. ; reposant immédiatement sur l'aptien. Les gisements fossilifères les plus importants sont ceux de *Cheville*, *Ecuellaz* et *Surchamp*.

b) *Vraconnien* ou *Gault supérieur* (C[2] sur ma carte). — Calcaire brunâtre, à inclusions terreuses, ou calcaire bréchiforme à fragments noirs, souvent pétri de fossiles plus ou moins bien conservés. Dans les poches terreuses on trouve parfois les tests parfaitement intacts, même avec leurs plus fins ornements. C'est le niveau fossilifère le plus riche et le plus intéressant de nos Alpes ; à *Cheville* seulement il m'a fourni plus de 200 espèces ; dans la direction du sud-ouest il paraît de moins en moins riche. L'*Écuellaz*, les *Essets* la *Cordaz* et *Pierre carrée*, sur Solalex, m'ont encore livré de bons fossiles, en certain nombre. Au delà la couche devient plus pauvre, mais on en trouve toujours quelques-uns, jusqu'à Dent-Rouge. Les espèces les plus abondantes à ce niveau sont : *Ammonites inflatus*, *Am. varicosus*. *Avellana incrassata*, *Solarium triplex*, *Inoceramus concentricus*, *Plicatula Gurgitis*, *Ostrea vesiculosa*, *Holaster lævis*.

Quoique d'une très-faible épaisseur, la couche vraconnienne est assez constante depuis Cheville au nord-est, jusqu'au massif de Morcles au sud-ouest. Là elle est moins bien caractérisée, et surtout moins accessible ;

[1] Notices géol. et pal. III, IV, V. — Bull. Soc. Vaud. Sc. nat. IX, p. 105 et 389.

mais comme elle se retrouve fossilifère, de l'autre côté de la vallée du Rhône, à la Dent du Midi, le bras de mer était évidemment continu.

c) *Rotomagien* ou *Cénomanien inférieur* (C^3 sur ma carte). — Ce n'est au contraire que par lambeaux, rares et peu étendus, que j'ai trouvé ce dernier étage crétacé de nos Alpes. Je ne le connais guère qu'à *Cheville* et à l'*Écuellaz.* Il y est formé d'un calcaire compacte gris-clair, qui succède immédiatement au gault supérieur, et termine notre série crétacée. Les fossiles les plus abondants sont: *Ammonites varians, Am. Cunningtoni, Baculites baculoïdes, Turrilites Scheuchzeri, Holaster subglobosus.*

Cette *triade méso-crétacée,* importante au point de vue paléontologique, forme un ensemble si peu épais que, la représentant sur ma carte par un mince liséré rouge vif, j'en ai la plupart du temps exagéré l'étendue. Rien de plus capricieux que les allures de ce filet rouge, qui borde au nord-ouest la bande vert foncé, affleurement de la série urg-aptienne, On dirait les sinueux méandres d'un ruisseau privé de pente. Mais cela s'explique par la disposition des couches, tantôt normales et plus ou moins déclives, tantôt fortement arquées et redressées jusqu'à la verticale, tantôt enfin entièrement renversées, ce qui est en définitive le cas le plus habituel.

De Cheville, point extrême, l'affleurement de gault vient jusqu'au haut de l'Écuellaz, d'où il redescend aux Essets, pour remonter par la Cordaz et contourner Argentine au nord-ouest ; il revient à l'est en couches renversées faire le tour de Surchamp, en dessous duquel il repasse en position normale ; il continue au sud par les Nombrieux et le Bertex, en se renversant encore une fois, pour des-

cendre enfin verticalement dans la gorge de l'Avançon en dessous de Pont-de-Nant. A partir de là les couches sont toujours fortement *renversées*, reposant sur le nummulitique et recouvertes par la série néocomienne. Dans cette position l'affleurement contourne Savolaires, en s'élevant en écharpe sur le versant nord-ouest jusqu'à Dent-Rouge, redescend dans la vallée de Nant, pour s'élever de nouveau en écharpe sur le flanc nord-ouest de la chaîne du Muveran, et venir disparaître sous la Petite Dent de Morcles (Pl. I.)

Le golfe, ou mieux le *fiord méso-crétacé* devait donc être fort étroit, et passablement en retrait sur le golfe rhodanien, car dès Cheville jusqu'après Derborence, le nummultique repose sur le calcaire à Orbitolites, et au delà directement sur l'urgonien, à Mont-bas, Miet, etc. A force d'être rétréci par le soulèvement, ce fiord a fini par disparaître entièrement, et à partir de l'âge rotomagien notre région tout entière se trouve émergée.

La *lacune* stratigraphique va, chez nous, depuis l'étage *rotomagien* jusqu'à l'*éocène moyen* ou supérieur. Je n'ai jamais trouvé aucune trace du terrain sénonien, connu pourtant dans les Alpes de la Suisse allemande (*Seewerkalk*) et dans celles de la Savoie. Les deux golfes opposés, résultant de l'interruption du bras de mer urgonien, se sont sans doute écartés de plus en plus l'un de l'autre par le progrès du soulèvement, et notre région formait l'isthme entre les deux golfes.

8. Terrains nummulitiques.

Pendant la période éocène, le sol s'affaissa de nouveau, et la contrée fut encore une fois envahie par les eaux de la mer, dans la seconde moitié de cette période. Chose re-

marquable, *la mer est revenue précisément dans son ancien lit*, qui formait sans doute encore, du sud-ouest au nord-est, une forte dépression, tandis que nous y voyons à l'heure qu'il est les chaînes les plus élevées de nos Alpes.

Le bras de mer (ou golfe ?) nummulitique était toutefois bien plus considérable que le fiord méso-crétacé, et devait avoir presque exactement la même étendue que le bras de mer urgonien : ces deux terrains sont en effet presque constamment associés dans notre région, et occupent sur ma carte la même zone oblique.

Du reste ce n'est point par les dépôts marins que commence notre série nummulitique. En quelques endroits la mer a été précédée par des formations d'eau douce, qui ne sont pas sans intérêt. Voici de bas en haut les subdivisions que j'ai pu établir.

a) *Sidérolitique* (E^1 sur ma carte). — Aux Diablerets et à l'Écuellaz j'ai constaté, à la base du nummulitique, un terrain ferrugineux assez semblable au sidérolitique du Jura. On m'a rapporté du Lapié de Saufleuron un fragment de *Bohnerz*, mais je n'en ai pas vu le gisement. Nous avions déjà en 1854 fait une découverte semblable, M. Ph. de la Harpe et moi, au-dessus du Lac Célaire, au pied nord de la Dent du Midi [1] : ce n'est donc point un fait isolé.

On n'a jusqu'ici trouvé aucun fossile dans ces couches, qui proviennent évidemment de sources ferrugineuses. A l'*Écuellaz* c'est un lambeau peu épais d'un minerai de fer pisolitique, dont les grains, de couleur foncée, ont la taille d'une grosse grenaille de chasse ; il repose là sur le gault supérieur. Aux *Diablerets,* sous le gisement nummulitique, dès longtemps connu et dit la Mine de Houille,

[1] Bull. Soc. vaud. Sc. nat. IV, p. 232.

se trouve un grès jaunâtre, chargé de fer oxydé concrétionné, qui repose directement sur l'urgonien.

b) *Marne d'eau douce.* — Ce n'est qu'au gisement principal des Diablerets que ce dépôt terrestre a été observés. Les grès jaunâtres sidérolitiques susmentionnés deviennent insensiblement plus marneux, plus foncés, et passent ainsi à une marne compacte, d'un gris foncé, qui se charge bientôt de graines de *Chara* (*C. medicaginula?*)

Un peu plus haut on y voit des *Lymnées*, qui, d'abord peu nombreuses, finissent par former une sorte de lumachelle. Au-dessus vient un banc d'*anthracite*, qu'on avait autrefois essayé d'exploiter, et qui a donné à ce gisement son nom de Mine de houille.

c) *Marne à Cérites* (E^2 sur ma carte). — C'est le niveau le plus habituellement fossilifère de notre nummulitique, celui qui a été fréquemment cité depuis la mention d'Alex. Brongniart en 1823 [1], et dont j'ai décrit la faune avec M. Hébert en 1854 [2]. La roche est une marne, ou un calcaire marneux foncé, ordinairement noirâtre, quelquefois plutôt brunâtre (Cordaz). L'épaisseur en est très-variable ; parfois ce n'est qu'une mince bande ; aux Diablerets et aux Martinets l'assise est plus développée, et l'on peut y reconnaître diverses couches, paléontologiquement un peu différentes. Les fossiles principaux sont : *Natica angustata, Chemnitzia costellata, Ceritium Diaboli, Cerit. elegans, Cerit. plicatum, Cardium granulosum, Trochosmilia irregularis.* Je cite les dénominations usuelles, sans prétendre les maintenir absolument. Dans ses études sur les Alpes françaises, M. Tournouër en a modifié plu-

[1] Alex. Brongniart, *Terr. de sédiment supér. du Vicentin* p. 43.

[2] Hebert et Renevier, *Description des fossiles du Nummulitique supérieur.* — Bull. Soc. statistiq. Isère, 2e S. III.

sieurs ; je reconnais que cette faune a besoin d'une révision complète, d'autant plus qu'elle s'est beaucoup enrichie depuis 1854, mais c'est l'affaire d'une monographie paléontologique spéciale, pour laquelle je n'ai pas en mains les matériaux de comparaison nécessaires.

Le gisement le plus riche est toujours celui des *Diablerets* (Mine de houille). Là se trouve à la base une couche littéralement remplie de petits Gastéropodes, et qui présente un facies paléontologique particulier, à caractère un peu *saumâtre*. Cette couche est difficile à voir sur place, à cause des éboulis ; mais il en existe à Anzeindaz, à côté du chalet du Vélard, de grands blocs éboulés des Diablerets, qui, se délitant constamment, fournissent à tous les visiteurs une récolte facile. J'y ai trouvé, avec beaucoup de petits *Cérites* et *Natices*, des *Nérites* ou *Néritines*, des *Cyrènes*, et surtout *Chemnitzia semi-decussata*, qui y est une des espèces les plus abondantes. Ce caractère saumâtre s'accuse encore davantage dans d'autres gisements : à la *Cordaz* par de petites Corbules (*C. Valdensis*, Heb. et Rnv.), et surtout à la *Vire d'Argentine*, sur Bovonnaz, par l'abondance de *Cyrena convexa* et *Coralliophaga alpina*.

Je n'ai pas pu constater partout la marne à Cérites, mais j'en connais des gisements dans toute l'étendue de ma région, depuis le *Lapié de Saufleuron* et *Perredar*, dans le massif des Diablerets, jusqu'aux *Martinets* et au *Sex Trembloz*, dans celui des Dents de Morcles (Pl. I).

d) *Calcaire à Nummulites* (E^3 sur ma carte). — Si l'assise précédente est la plus intéressante au point de vue paléontologique, celle-ci, qui la recouvre, est en revanche la plus importante par son rôle orographique. Elle est beaucoup plus puissante, et occupe une beaucoup

plus grande étendue. Sa nature pétrographique, un calcaire gris-foncé, est assez résistante, pour qu'elle fasse volontiers saillie. Enfin les petites Nummulites, qui souvent remplissent toute la roche et manquent rarement tout à fait, fournissent un moyen commode pour la reconnaître. D'après les déterminations de M. le Dr Ph. de la Harpe, ce sont essentiellement *Num. Ramondi* et *Num. striata*. Quoique moins fréquentes que les Nummulites, *Operculina ammonea* et *Orbitoidea submedia* n'y sont point rares non plus. Quant aux mollusques on en trouve par-ci par-là quelques-uns, spécialement des *Pecten*. Un seul gisement s'est montré abondant en Gastéropodes et Acéphales, c'est celui des *Essets*, non loin d'Anzeindaz. Ces fossiles ne sont pas encore déterminés. M. de Loriol a reconnu, parmi mes oursins nummulitiques des Essets et environs : *Euspatangus elongatus, E. navicella, Leiopedina Samusi, Echinocyamus sp.*

Le calcaire nummulitique forme de nombreux lambeaux dans le massif des Diablerets; puis une bande continue, accompagnant le gault et l'urgonien, dès *Mont-bas* et *Derborence* au nord-est, jusqu'à la *Grandvire* (Pl. I) et au *Creux de Fully* au sud-ouest. Sa plus grande étendue se trouve dans le fond de la vallée de *Nant*, où il est recouvert par les terrains crétacés décrits ci-dessus.

e) *Schistes nummulitiques* (E^4 sur ma carte). — A sa partie supérieure, l'assise précédente devient insensiblement plus schisteuse et passe enfin, là où la série est complète, à des schistes feuilletés grisâtres ou gris-jaunâtres, plus foncés à la cassure. Ils sont en général azoïques, mais à *Surchamp*, aux *Diablerets* et surtout à *Derborence*, ils m'ont fourni quelques fossiles marins, mal conservés, et jusqu'ici indéterminés : Acéphales, Bryozoaires, Échi-

nodermes et Polypiers. A Perredar, j'ai trouvé quelques rares Nummulites dans la partie inférieure de ces schistes.

Quant à l'âge de notre nummulitique dans son ensemble, je n'ai guère de lumières nouvelles à apporter. Nous l'avions considéré avec M. Hébert comme probablement contemporain des gypses de Montmartre, c'est-à-dire *d'âge sestien*. M. Tournouër le croit plus ancien ; en revanche, M. K. Mayer le faisait plus récent et, dans ses tableaux synchronistiques, le mettait au niveau des sables d'Etampes (*stampien*). Mais voici que ce dernier vient de faire une volte-face complète, et s'est mis d'accord, dit-il, avec M. Tournouër pour en faire un équivalent du calcaire grossier supérieur de Paris. Mon impression est toutefois restée la même, et je pense que M. Mayer, qui avait trop rajeuni notre nummulitique des Diablerets, a sauté maintenant de l'autre côté de la selle. Je subordonne entièrement la question à de nouvelles études paléontologiques, basées sur l'ensemble de nos fossiles, dont beaucoup sont encore indéterminés.

9. Terrain du Flysch.

Ce terrain énigmatique a dans nos Alpes une extension bien plus considérable que les dépôts précédents, mais c'est surtout au nord-ouest, et en grande partie en dehors de ma carte. Nous pouvons donc constater que le sol a continué à s'affaisser, et que la mer s'est beaucoup étendue au nord et à l'ouest, tandis qu'au sud-est, au contraire, elle paraît plutôt en retrait.

Ici, vu la rareté des fossiles, je ne puis point établir de subdivisions, mais je dois mentionner divers *faciès*, probablement synchroniques.

Les *schistes à fucoïdes* sont, comme on le sait, large-

ment répandus dans les environs du Sépey (Ormonts). Ils s'avancent de là au sud-est pour former les Rocs de Breya, sous Chamossaire, et l'arête de Plan Saya, au-dessus de Chesière. J'en ai retrouvé des lambeaux isolés au bord de la vallée du Rhône, en dessous d'Antagne et du Bouillet, avec leurs Fucoïdes habituels : *Helmintoidea* et *Chondrites* divers. Ils se retrouvent sur la rive gauche, au-dessus du plateau néocomien de Verossaz et dans l'arête de Planey, sur Mex, jusqu'au pied de la Dent du Midi.

Des schistes semblables, mais jusqu'ici sans fossiles, forment une bande qui borde le nummulitique, depuis Argentine jusqu'à la *Grandvire*. Ils sont plus feuilletés, plus brillants, plus foncés, et offrent tous les caractères du métamorphisme laminaire. A Javerne, et surtout sous la Grandvire, ils présentent de nombreuses intercalations d'un *grès bréchiforme* plus ou moins grossier. Depuis les Plans de Frenière au sud, ils sont renversés et recouverts par le nummulitique. L'érosion de ce dernier dans la vallée de Nant en laisse percer un lambeau en dessous de La Chaux.

Le *grès de Taveyannaz*, alternant avec des *schistes* analogues à ceux de Plan Saya, forme les Rochers-des-Vents et toute la base nord du massif des Diablerets, jusqu'au Creux-de-Champ. Le *grès vert moucheté* en est le type le plus caractéristique et le plus connu, mais, aussi fréquemment, c'est un grès verdâtre uniforme, plus ou moins foncé, se brisant volontiers en parallélipipèdes obliquangles ; ou encore un grès bréchiforme, analogue à celui de Javerne.

En Perredar sur Creux-de-Champ, et à Châtillon sur Coufin, j'ai vu le grès de Taveyannaz typique reposant sur les schistes nummulitiques, qui recouvrent eux-mê-

mes le calcaire à nummulites ; mais ailleurs, c'est plutôt avec le néocomien que ce grès se trouve en contact et souvent il en est recouvert.

Les fossiles y sont extrêmement rares. J'ai rencontré parfois dans les schistes des traces de Fucoides à peine distinctes. A Prapiot sur Creux-de-Champ j'ai trouvé des empreintes meilleures de *Chondrites*, dans le grès lui-même. Enfin l'été dernier j'ai découvert à Taveyannaz, dans le *grès bréchiforme*, une belle dent d'*Otodus* qui se rapproche surtout de *O. macrotus* de l'éocène du bassin de Paris.

Un dernier faciès, un *Flysch à Nummulites* a été découvert en 1869 par M. Sylv. Chavannes [1], un peu en dehors des limites nord de ma carte, sous le sommet du Meilleret (Ormont-dessus). J'ai retrouvé les mêmes couches au bord de ma région, dans la chaîne de Perche, droit au-dessus d'Ensex. Elles paraissent en ce point encore plus fossilifères, et reposent sur le jurassique inférieur. Les Nummulites se trouvent dans un calcaire bréchiforme gris, contenant des paillettes de mica et autres particules cristallines, qui alterne avec des bancs très-divers de grès, schistes et *brèches polygéniques*. Ces dernières sont parfois à gros éléments cristallins, parmi lesquels des morceaux de granite, gneiss, etc., pugilaires ou même céphalaires ; elles ressemblent ainsi beaucoup aux brèches d'Aigremont, associées aux schistes à Fucoïdes.

Ces dépôts de Flysch sont les derniers sédiments marins de la contrée. Après eux, il y a lacune stratigraphique complète jusqu'au terrain erratique. C'est la preuve d'un nouvel exhaussement du sol, qui a dû se produire vers la fin de la période éocène, et chasser définitivement la mer de notre région alpine.

[1] Bull. Soc. vaud. Sc. nat., X, p. 341.

C'est à partir de ce moment, et sous l'influence d'une compression latérale excessive, agissant probablement pendant toute la durée de la période miocène, que notre contrée fut soulevée beaucoup plus que jamais, et que son sol fut ployé, contourné, renversé, d'une manière si remarquable. Ainsi, tandis que d'un côté se déposait notre molasse, de l'autre se formaient nos Alpes latérales, avec leur relief actuel, ou plutôt avec un relief encore plus élevé et accidenté, qui doit avoir été considérablement diminué par les érosions glaciaires et post-glaciaires.

10. Terrains modernes.

Ainsi que je l'ai développé récemment ailleurs [1], j'estime qu'immédiatement après la formation du relief de nos Alpes et l'émersion du plateau molassique, les *glaciers alpins* durent descendre dans les vallées et commencer ainsi la phase d'empiétement qui les amena jusqu'au Jura et les conduisit même au delà, jusqu'à Salins, Lyon, etc. C'est à eux que nous devons la plus importante des formations modernes de la contrée.

a) *Terrain erratique* (Gl sur ma carte). — On trouve dans les Alpes vaudoises les mêmes dépôts erratiques qu'ailleurs : Boue glaciaire, béton glaciaire, graviers irrégulièrement ou nullement stratifiés; enfin de nombreux blocs erratiques.

C'est principalement sur les deux flancs de la vallée du Rhône, et dans nos petites vallées latérales de l'Avençon, de la Gryonne et de la Grande-Eau, que j'ai constaté les dépôts erratiques proprement dits. Quant aux blocs,

[1] Bull. Soc. géol. de France, 3e série, IV, p. 193 et 198.

on en trouve presque partout. Il ne conviendrait pas d'en faire ici une énumération, même générale. Je me contenterai d'en citer quelques-uns qui marquent la limite supérieure du glacier du Rhône. J'ai constaté des blocs de *poudingue rouge,* de grandes dimensions, provenant évidemment des Gorges (Outre-Rhône) : en Plan-Esserts, à 1441m ; au bas de la Rosseline et en Plan-haut, à 1500m environ ; aux Luex, sur les Collatels, à 1400m au moins. Le fond de la vallée étant à 400 et quelques mètres d'altitude, cela donne 1000 à 1100 mètres pour l'épaisseur du glacier du Rhône sous les Dent-de-Morcles et Javerne.

De nombreux *blocs calcaires,* disséminés dans nos petites vallées, ainsi que sur le mont de Gryon, proviennent évidemment des Diablerets, d'Argentine, du Muveran, et nous révèlent ainsi les *glaciers latéraux* des deux Avençons et de la Gryonne. C'est à eux que l'on doit les blocs erratiques les plus gigantesques des environs de Bex, décrits par de Charpentier sous les noms de *Pierra-besse* et de *Bloc monstre.* Ce sont également nos glaciers latéraux vaudois qui ont accumulé sur notre région salifère ces énormes masses de graviers, dans lesquelles sont taillées les *ravines* de l'Avançon, de la Gryonne, de Villars, etc., et qui cachent sur de vastes étendues les terrains sédimentaires.

b) Dépôts récents. — Par dessus les graviers erratiques j'ai rencontré quelques amas de *tuf,* que j'ai marqués sur ma carte par un pointillé bleu. Les principaux sont aux environs de Panex, Ollon, Huémoz, Chesière et Serguement. J'y ai trouvé quelques empreintes de feuilles et quelques *Helix* récentes.

Des *éboulis,* plus ou moins considérables, se rencontrent presque partout au pied des parois de rochers. Je

ne les ai marqués que là où ils forment de grands amas qui ne permettent pas de juger avec certitude du terrain sous-jacent. Ils jouent dans ce cas un rôle orographique, comme par exemple au pied de la paroi sud des Diablerets. Lorsqu'ils se couvrent de verdure, ils constituent ces grandes pentes gazonnées que nos montagnards nomment des *Luex* ou *Loëx*.

J'ai marqué aussi, par des lignes pointillées rayonnantes, les *cônes de déjection* torrentiels, qui existent au débouché de la plupart de nos vallées secondaires, dans la grande vallée du Rhône. Les plus remarquables sont ceux de Chamoson, près Ardon, et du Bois noir entre Evionnaz et St.-Maurice.

Enfin j'ai laissé en blanc les *Alluvions* du fond des vallées, qui outre la grande vallée du Rhône forment différentes *petites plaines* dans nos hautes vallées intérieures. La surface plane et horizontale du sol, ainsi que la nature de l'alluvion nous révèlent avec certitude l'existence momentanée de *lacs*, grands ou petits, dans chacune de ces vallées. Après la retraite des glaciers, le *Lac Léman* a dû s'étendre jusqu'au delà de Bex, tandis qu'un autre lac long et étroit, le *Lac du Valais*, commençait à St.-Maurice.

RÉSUMÉ OROGRAPHIQUE.

Le caractère le plus saillant de la contrée est, sans contredit, la fréquence et l'intensité des *replis* du sol. Ceux-ci sont habituellement *déjetés* dans la direction du nord-ouest, parfois de l'ouest. Ils le sont souvent si fortement, que de grandes étendues de terrain sont absolument renversées, comme la coupe, ci-jointe, des Dents de Morcles en fournit un exemple remarquable.

En s'élevant depuis la vallée du Rhône, on y trouve d'abord les terrains suivants, en *superposition normale* : métamorphique, carbonique, trias, lias, jurassique, nummulitique, flysch. — L'épaisseur du flysch est telle que ce terrain paraît évidemment *replié sur lui-même;* d'ailleurs le contournement synclinal des couches se voit clairement au sud-est, sous Sex-Trembloz, comme j'ai essayé de le représenter sur la coupe. — Au-dessus se présente la *série renversée,* clairement visible et incontestable : flysch, nummulitique, rhodanien, urgonien, néocomien (N^4), et enfin N^5 qui forme le sommet de la Grande Dent de Morcles. Si de là l'on suit l'arête dans la direction du nord-est, on trouve, en superposition régulière sur N^3, les schistes néocomiens inférieurs N^2, par-dessus le jurassique supérieur calcaire, qui forme le sommet de Dent-Favre, et enfin les schistes oxfordiens, qui constituent le col suivant.

Ce splendide renversement est le plus considérable que je connaisse dans nos Alpes, et probablement l'un des plus gigantesques qui ait jamais été constaté avec une certitude stratigraphique aussi complète. Il s'observe des deux côtés de la vallée du Rhône, depuis le Grand Muveran, au nord-est, jusqu'à la Dent-du-Midi au sud-ouest, et même bien au delà, c'est-à-dire sur une longueur d'au moins *vingt-cinq kilomètres*. La largeur, soit profondeur horizontale, du pli est difficile à évaluer, mais elle dépasse certainement six kilomètres.

Un petit *repli local,* dans la paroi de la Petite Dent (Pl. I), montre le commencement de la courbure anticlinale des couches, pour reprendre la position normale. Il est probable que la branche supérieure du pli anticlinal, actuellement absente, a dû exister un jour par-dessus

le sommet de Morcles. Cette montagne devait avoir alors une altitude bien plus considérable, environ 4000m au lieu de 2979m, à en juger par l'épaisseur des couches. Cela nous donne approximativement la mesure de l'*ablation* de nos cimes pendant les périodes molassique et moderne.

Dans nos autres massifs montagneux, les plis sont moins étendus, mais en revanche *ils se répètent plusieurs fois*, et c'est là ce qui produit nos sommets les plus élevés. Il serait difficile d'en rendre compte sans profils, mais cela ressortira clairement des nombreuses coupes, en deux sens opposés, qui accompagneront mon mémoire, ainsi que du tracé des lignes anticlinales et synclinales sur une petite carte réduite.

Le massif des *Diablerets* présente, dans sa longueur, au moins *sept plis* anticlinaux successifs, séparés naturellement par autant de synclinales. Sa plus haute cime est supportée, sur chaque versant, par une double anticlinale. Le *Grand Muveran* n'est pas moins remarquable à ce point de vue, son flanc nord-ouest, d'ailleurs inaccessible, présente, selon toute probabilité, deux plis anticlinaux jurassiques, reposant sur la série renversée des terrains crétacés et nummulitiques ! La chaîne de *Mont-Gond*, au delà de la Liserne, offre aussi de beaux plissements, mais déjetés franchement à l'ouest.

Dans la *région salifère* des environs de Bex les plis sont beaucoup plus difficiles à déchiffrer, mais l'observation attentive des lambeaux liasiques, pincés dans le gypse, en fournit des preuves évidentes. Les *deux bandes de gypse*, en forme de croissant, que de Charpentier donnait comme le résultat de l'alternance du gypse avec les « calcaires de

transition, » ne sont rien autre en définitive que des affleurements anticlinaux du trias, séparés par des plis synclinaux remplis de calcaire liasique.

Quelques *failles* viennent encore compliquer ces relations orographiques. Je ne puis que les mentionner rapidement. L'une d'elles contourne au nord-ouest la montagne d'*Argentine* et se continue à l'est jusqu'à Derborence, séparant constamment la bande de néocomien alpin N[1] de la zone crétacéo-numulitique. Une autre faille, qui n'est peut-être que la continuation de la précédente, contourne à l'est le petit plateau de *Mont-bas,* mettant en contact successivement les terrains nummulitique, urgonien et néocomien, avec la bande triasique qui forme la base du Mont-Gond. Enfin je rappelle seulement la grande faille du *Col du Pillon* que j'ai déjà décrite en 1865[1].

La plupart de ces phénomènes de plissement et de rupture ont dû se produire *pendant la période molassique,* puisque le flysch, notre dernière formation marine, participe à ces contournements, reposant soit en stratification concordante sur le nummulitique, soit en stratification transgressive sur les terrains antérieurs.

On peut constater toutefois une autre époque de plissements, comprise *entre l'âge houiller* et les temps antérieurs au *lias.* Il me paraît probable que notre contrée s'est trouvée émergée durant les époques permienne et conchylienne. C'est pendant ce temps qu'a dû se former le *pli synclinal* des terrains carbonifères, si fortement comprimé aux environs de Salvan, et déjeté au nord dans la région d'Outre-Rhône. En effet, les couches de cargneule, repo-

[1] Notices géol. et pal. II. — Bull. Soc. vaud. Sc. nat. VIII, p. 275.

sant sur ce pli en Arbignon, ne forment qu'une dépression très-évasée, qui s'est comblée petit à petit par les dépôts liasiques, de sorte que les calcaires jurassiques superposés ne présentent plus trace de synclinale sur ce point. Il est dès lors évident que ce repli était déjà formé en grande partie avant le dépôt des cargneules, attribuées au trias supérieur, et que le mouvement de plissement s'est continué encore faiblement jusqu'à la période liasique.

En résumé, voici, selon moi, la série des évolutions géographiques, par lesquelles a dû passer cette portion de nos Alpes :

1° Dépôt sédimentaire (marin ?) des terrains métamorphiques.

2° Exhaussement du sol, aboutissant à la formation des deux ilots cristallins du Mont-Blanc et des Aiguilles rouges.

3° Dépôt des couches carbonifères, dans un grand lac d'eau douce, entourant ces îlots.

4° Émersion totale de la contrée et plissement des terrains carboniques et métamorphiques.

5° Nouvel affaissement pendant la période triasique, aboutissant à la formation d'une grande mer intérieure, qui devient extra-salée par l'évaporation.

6° Mouvement de bascule, qui émerge le sud de la région, mais qui ramène la mer rhétienne dans le nord, jusqu'à Aigle.

7° Propagation de l'affaissement vers l'est, puis vers le sud, jusqu'à la fin de la période jurassique, où la mer atteint son maximum d'extension.

8° Nouvelle phase d'exhaussement, pendant la période

crétacée; l'océan réduit en un bras de mer (urgonien), en un golfe (rhodanien), en un fiord de plus en plus étroit; enfin émersion totale à l'époque cénomanienne.

9° Affaissement nouveau vers le milieu de la période éocène; la mer nummulitique revient envahir la dépression longitudinale, et occuper le lit du bras de mer urgonien.

10° Propagation de l'affaissement au nord-ouest; en s'étendant dans cette direction, la mer s'approfondit et dépose le flysch.

11° Exhaussement, plutôt rapide, à la fin de la période éocène et émersion définitive de toute la contrée.

12° Plissements intenses du sol et formation de nos Alpes, pendant la période miocène.

13° Phase d'empiétement des glaciers, à l'époque pliocène; ablation des sommets par érosion.

14° Phase de retraite des glaciers, à l'époque plistocène; continuation de l'ablation des sommets.

15° Grands lacs de la vallée du Rhône, déposant les alluvions du fond de la vallée; formation des tufs, éboulis et cônes de déjection torrentiels, dès le commencement de l'époque actuelle.

Ces divers événements n'ont point dû être subits et saccadés, comme pourrait le faire supposer une semblable énumération chronologique. Je pense, au contraire, que tous ces changements se sont faits par voie continue, lente et graduelle, comme aussi les modifications paléontologiques dont ils étaient accompagnés.

Que de transformations diverses a subies ce petit coin de pays avant de devenir nos belles Alpes, où le corps se restaure, où le cœur se rajeunit et où l'âme se sent attirée vers l'Auteur de toutes ces merveilles !

ESSAI MONOGRAPHIQUE

SUR

LES SEICHES DU LAC LÉMAN

PAR

M. le Dr F.-A. FOREL

Professeur à l'Académie de Lausanne.

Dans les mémoires que j'ai dernièrement publiés sur les seiches des lacs [1], j'ai été très-bref sur le sujet des seiches de notre lac Léman. La difficulté de ce chapitre justifiait cette réserve dans un moment où il s'agissait avant tout d'établir la théorie générale.

En effet, tandis que les faits observés sur notre lac, à Morges, Genève, Veytaux et Évian, m'avaient servi de point de départ pour la théorie des seiches et m'avaient permis de deviner dans ces mouvements des *vagues uninodales d'oscillation fixe,* soit vagues de balancement de

[1] Première étude sur les seiches du lac Léman, Lausanne, 1873. — Deuxième étude, 1875, librairie Rouge et Dubois. *Bulletin soc. vaud. sc. nat.* XII, 213 — XIII, 510. — Les seiches, vagues d'oscillation fixe des lacs. *Actes de la soc. helv.* Andermatt, 1875. — Le limnimètre enregistreur de Morges. *Arch. des sc. ph. et nat.* Genève, août 1876, N. P., t. LVI, 305. — La formule des Seiches. *Archives,* décembre 1876, N. P., t. LVII, 278.

Voyez encore : *Archives*, janvier 1874, N. P., t. XLIX, p. 24 et août 1875, N. P., t. LIII, p. 281. — *Annales de chimie et de physique*, 5me série, t. IX. Paris, 1876. — *Comptes-rendus* de l'Académie des sciences de Paris, LXXX, 107 — LXXXIII, 712.

l'eau, cependant j'avais bientôt reconnu certaines irrégularités que j'avais dû attribuer à la forme irrégulière du lac. Cela étant je me suis adressé, pour y chercher les bases de la théorie des seiches, à d'autres lacs plus réguliers, comme les lacs de Neuchâtel, de Brienz et de Walenstadt, et j'en ai tiré, à l'appui de ma théorie, des preuves nombreuses et convaincantes.

Mais je n'ai pas pour cela renoncé à interpréter les seiches du lac Léman; je veux essayer aujourd'hui d'utiliser les nombreuses observations que je possède, je veux tenter d'interpréter les faits généraux et d'expliquer quelques-unes des anomalies qui m'ont arrêté au premier abord[1].

Je commencerai par montrer la difficulté du sujet en rappelant la forme et le relief du Léman.

Lorsque l'on est en présence d'un lac régulier dans sa forme et dans son relief, symétrique et sans accidents, comme les lacs de Walenstadt et de Brienz, l'on n'a pas trop de peine à comprendre les seiches; l'on peut facilement admettre que l'oscillation de balancement que l'on voit s'établir si aisément dans une cuvette ou dans un bassin à expériences, que l'on peut suivre dans un étang ou dans un port, que l'on constate encore dans un petit

[1] Bientôt la mise en jeu du limnimètre enregistreur que M. Philippe Plantamour fait construire dans sa campagne de Sécheron, près de Genève, et la comparaison des tracés qu'il obtiendra avec mon enregistreur de Morges, nous fourniront un précieux matériel; l'on pourra alors compléter et peut-être corriger ce que j'essaie de déduire actuellement. Mais je crois utile de faire, sous la forme d'une communication provisoire, cette tentative de généralisation, avant qu'une trop grande masse de matériaux accumulés et de faits nouveaux ne rende cette tâche trop au-dessus de mes forces.

lac, puisse se retrouver aussi dans un grand lac; l'on comprend bientôt que l'eau, une fois mise en mouvement, continue à osciller régulièrement et avec un rhythme isochrone, dans le grand lac à forme régulière aussi bien que dans le petit vase.

Mais, dans un bassin irrégulier dans sa forme et irrégulier dans son relief comme l'est le lac Léman, pourra-t-il s'établir un mouvement de balancement régulier et rhythmique? N'y aura-t-il pas, si l'eau sous une impulsion quelconque perd son état d'équilibre et se met à osciller, n'y aura-t-il pas immédiatement tellement de réflexions d'ondes, d'entre-croisements, d'interférences dans tous les sens, que toute espèce de rhythme et de régularité disparaîtra immédiatement?

Notre lac Léman est en effet irrégulier dans sa forme et dans son relief.

Sa forme générale est celle d'un croissant dont la courbure est un arc de cercle assez régulier, étendu de l'Est à l'Ouest, de Villeneuve à Genève. La rive nord se rapproche très-sensiblement d'un arc de cercle de 34 $^1/_2$ kilomètres de rayon et de 145° d'ouverture dont le centre serait situé à un kilomètre au N.-E. du hameau de l'Abbaye, vallée de Bellevaux, affluent de la Dranse. Son axe est de même une ligne courbe régulière qui peut être décrite aussi comme un arc de 35 $^1/_2$ kilomètres de rayon et de 120° d'ouverture, dont le centre serait situé à 5 kilomètres au S. du Roc d'Enfer en Savoie. Mais là s'arrête tout ce que l'on peut trouver de régulier dans la carte du lac Léman. Les deux cornes du croissant ne sont pas symétriques: l'une est large et arrondie, c'est l'extrémité orientale, l'autre est étroite, effilée, c'est la sortie du lac à Genève. La largeur du lac est fort inégale. De 8 kilomètres envi-

ron devant Vevey, elle atteint 13,8 kilomètres entre Morges et Amphion, puis diminue un peu et revient à 11 kilomètres entre Rolle et Thonon ; à peu près aux $^{2}/_{3}$ de sa longueur, entre Promenthoux et Yvoire, le lac se rétrécit tout à coup par le relèvement vers le Nord de sa rive savoyarde, et sa largeur diminue de plus de moitié. Cela est tellement évident que l'on décrit le lac comme formé de deux parties très-différentes qui se succèdent suivant le même axe courbe et qui sont : le Grand Lac, bassin de 47 kilomètres de longueur, de 13,8 kilomètres de largeur maximale, de 10 kilomètres de largeur moyenne ; le Petit Lac, bassin de 23 kilomètres de longueur, de 4,8 kilomètres de largeur maximale et de 3,5 kilomètres de largeur moyenne ; les deux parties sont séparées par le détroit de Promenthoux qui n'a que 3,4 kilomètres de largeur. La longueur totale du lac suivant son axe courbe est de 73,2 kilomètres environ.

Cette même irrégularité se retrouve dans le relief. Le Grand Lac est un bassin profond, à fond presque plat dans ses profils transverses, à talus assez inclinés, s'approfondissant graduellement à partir de chacune de ses extrémités, de 60 à 100 mètres qu'il a au pied des talus, jusqu'à 334 mètres, profondeur maximale que le lac atteint entre Ouchy et Évian ; sa profondeur moyenne peut être évaluée à 200 mètres environ. Une barre saillante [1], sur laquelle la sonde donne 61 mètres de fond, sépare au détroit de Promenthoux le Grand et le Petit Lac. Derrière

[1] Une journée de sondages, opérés le 30 décembre 1876 avec M. Aloïs Revilliod-de Muralt, sur son excellent yacht à vapeur le *Caprice*, me permet de confirmer entre Yvoire et Promenthoux l'existence d'une barre peu saillante sur laquelle la sonde trouve au plus 61 mètres de profondeur.

la barre de Promenthoux le Petit Lac s'approfondit un peu, atteint 71 à 74 mètres, puis va en se relevant en une série d'étages de moins en moins profonds jusqu'à Genève où sa profondeur est nulle. On peut évaluer à environ 50 mètres la profondeur moyenne du Petit Lac.

Avec une telle complication de forme et de relief, y a-t-il moyen de penser à voir s'établir dans le lac Léman des mouvements réguliers de balancement de l'eau?

L'observation des seiches a déjà répondu à cette question; j'ai constaté et décrit dans diverses stations du lac des mouvements d'oscillation très-réguliers de l'eau, à savoir :

1° A Morges et à Évian des seiches de 10 minutes de durée [1];

2° A Genève des seiches de 30 minutes environ;

3° A Veytaux et à Chillon des seiches de 35 minutes;

4° A Morges et à Évian des seiches de 73 minutes.

Pour la plupart de ces mouvements j'ai reconnu l'isochronisme et le rhythme régulier qui me permettent de les décrire comme étant des mouvements d'oscillation fixe des lacs, des seiches.

Mais si ce sont des seiches, à quelle espèce de seiches avons-nous affaire, suivant quels diamètres du lac se fait l'oscillation de l'eau?

[1] Je laisse de côté les mouvements de cinq minutes de durée observés à l'ouverture du port de Morges (1re étude, p. 15 à 17); ce sont probablement des cas d'interférences et de redoublement de seiches : je ne parle pas non plus des mouvements de une demie à deux minutes vus à Morges et à Évian et que j'ai décrits dans mon étude sur le limnimètre enregistreur de Morges sous le nom de *vibrations* du lac. Je reviendrai sur ces points dans une autre occasion.

Dans un bassin rectangulaire ou ovalaire on peut déterminer deux ordres de mouvements de balancement de l'eau : des vagues uninodales d'oscillation fixe dans le sens du grand axe du bassin, et des vagues uninodales d'oscillation fixe dans le sens du petit axe. En rapportant ces faits aux lacs, nous avons admis qu'il y a des seiches longitudinales oscillant suivant la longueur du lac, d'une extrémité à l'autre, et des seiches transversales oscillant suivant la largeur du lac, d'une rive à l'autre. Cela nous donne, pour chaque lac, deux ordres de seiches à directions et à rhythmes différents; mais dans le lac Léman nous sommes en présence de quatre mouvements différents à rhythmes fort divers. Comment les expliquer. C'est ce que je vais essayer de faire en décrivant plus à fond les divers ordres de seiches du Léman.

I. Seiches transversales du lac.

Seiches Morges-Amphion.

J'ai étudié ces seiches à Morges et à Évian à l'aide du plémyramètre [1], mais c'est surtout à l'aide de mon enregistreur de Morges que j'ai pu connaître à fond leurs allures [2]. Cet appareil dessine admirablement ces jolies oscillations qui sont évidemment à Morges dans leur maximum de développement; je possède des séries magnifiques de 50 à 100 oscillations se succédant régulièrement sans accident, sans arrêt, sans interférence. La durée que je leur attribue et que je trouve constante aux

[1] IIme étude, p. 59; sq. fig. 14 à 47, p. 109, fig. 85 et 86.

[2] *Archives* LVI, pl. II, fig. 1, pl. II, fig. 7, 9. — *Ann. de Ch. et de Phys.* IX, pl. I, fig. 1 à 4.

divers jours d'observation, est de 10 minutes, plus exactement 617 secondes, pour l'oscillation complète, seiche entière composée d'une seiche haute et d'une seiche basse.

Leur amplitude a varié en 1876 de 0 à 11 centimètres[1]; ce maximum a été atteint le 22 août 1876 à une heure du matin[2].

Ces seiches n'ont, à ma connaissance, été observées jusqu'à présent que dans les deux stations de Morges (Burnier, Dufour, Yersin, Forel) et Évian (Forel). A Vevey, ni M. H. Dufour[3], ni moi-même, ne les avons constatées; à Veytaux, à Chillon et à Genève, je n'en ai pas vu traces; à Genève elles sont inconnues aux nombreux observateurs des seiches; à Sécheron, M. Ph. Plantamour ne les a jamais remarquées. Tout cela est parfaitement normal. Morges et Évian sont au milieu de la longueur du lac, aux extrémités de son petit axe; les seiches trans-

[1] L'enregistreur a dessiné une oscillation de 107 millimètres de hauteur; mais d'après la forme aiguë des sommets je conclus que son amplitude a été sensiblement plus forte et a dépassé 11 centimètres.

[2] Dans une prochaine étude, où j'étudierai la cause des seiches, j'examinerai, à l'aide surtout de ces seiches transversales du Léman, leur fréquence relative et leurs allures. Je désire seulement donner ici une rectification à divers points avancés par moi d'après mes observations au plémyramètre; l'étude des tracés de l'enregistreur m'a prouvé :

1° Que les seiches sont très-fréquentes; à Morges le nombre d'heures où j'en reconnais l'existence est beaucoup plus grand que celui des heures où je n'en puis trouver de traces;

2° Qu'il y a cependant des périodes de calme plat au point de vue des seiches; ces périodes ne sont jamais bien longues, mais cependant je les ai vues durer quelques heures de suite en temps de calme du lac, quelques jours même en temps de bise, alors que le lac est agité par des vibrations (*Archives*, LVI, 322).

[3] Je vais parler de ces observations quelques pages plus loin.

versales doivent y avoir leur amplitude maximale. Veytaux, Chillon et Genève sont aux extrémités du grand axe du lac, par conséquent, sur la ligne de point mort des seiches transversales; celles-ci doivent y être nulles. Quant à Vevey, étant donnée sa situation, je suis assez étonné que nous ne soyons pas arrivés à y constater un mouvement analogue à nos seiches transversales; mais les observations de M. H. Dufour ayant duré près de 15 heures et les miennes près de 6 heures, ensemble 20 $^1/_2$ heures réparties sur 15 séances, ces observations très-attentives n'ayant pas montré traces de ces seiches de 10 minutes, je dois croire qu'elles n'existent pas à Vevey, et que par conséquent ce mouvement transversal ne se développe guère que dans le point de plus grande largeur du lac, de Morges à Évian.

D'après ces faits, je suppose que ces seiches de 10 minutes sont les seiches transversales du lac, n'existant que dans le Grand Lac, et oscillant de la côte Suisse à la côte de Savoie; je les désignerai à l'occasion par les deux stations situées à l'extrémité du petit axe du lac sous le nom de seiches Morges-Amphion.

Dans cette supposition, si j'applique les formules des seiches

$$t = \frac{l}{\sqrt{g\,h}}$$

d'où

$$h = \frac{l^2}{g\,t^2}$$

j'ai les relations suivantes :

t étant la moitié de la durée de la seiche	308 secondes
l étant la largeur maximale du lac	13,8 kil.
h la profondeur moyenne sera	205 mètres.

Ce chiffre de 205 mètres sera la valeur provisoire que

j'adopterai pour exprimer dans la formule des seiches la profondeur moyenne du Grand Lac. Ce chiffre est aussi rapproché que possible de celui de 200 mètres que la comparaison générale des sondages m'avait donné il y a quelques années déjà, et que j'ai indiqué au commencement de cette étude.

II. Seiches longitudinales.

Outre les seiches que je viens de décrire comme étant des seiches transversales, je me trouve dans notre lac en présence de trois mouvements à rhythmes différents et qui ne peuvent être ramenés à des oscillations de même ordre. Ce sont les seiches de 30 minutes de Genève, les seiches de 35 minutes de Veytaux, et enfin les seiches de 73 minutes de Morges.

Lesquelles sont les seiches longitudinales du lac et que sont les autres mouvements ?

Mais avant tout, il y a une question préjudicielle à résoudre : y a-t-il, peut-il y avoir des seiches longitudinales dans un bassin à axe courbe comme le lac Léman ; peut-il, dans un bassin aussi peu rectiligne, y avoir l'établissement de vagues d'oscillation régulière dans le sens longitudinal ?

Pour répondre à cette question, j'ai appelé à mon secours l'expérimentation. J'ai construit avec de l'argile un modèle en creux du lac Léman au 0,00001^e^, dont la profondeur uniforme était de deux centimètres ; j'ai rempli d'eau ce bassin artificiel et je lui ai imprimé une secousse dans le sens longitudinal. J'ai constaté très-facilement que des vagues de balancement pouvaient s'établir dans ce lac, malgré sa forme en arc de cercle ; elles duraient peu longtemps et s'arrêtaient bientôt sous l'in-

fluence des frottements de l'eau contre le fond et les parois irrégulières, mais, malgré la forme courbe et irrégulière du bassin, il y avait incontestablement production de vagues de balancement régulières et rhythmiques dans toute la longueur du lac.

La forme en croissant n'est donc pas un obstacle à l'établissement des seiches longitudinales. Quel sera l'effet du relief irrégulier du fond ? Pour étudier ce point j'ai construit avec du ciment romain un second modèle en creux du lac Léman, à l'échelle du 0,00001e pour les longueurs, mais avec la représentation des inégalités du fond au 0,0003e pour l'échelle des profondeurs. J'ai rempli ce bassin d'eau et je l'ai mis en oscillation dans le sens longitudinal. Comme dans l'expérience précédente, j'ai constaté la possibilité de l'établissement de seiches longitudinales occupant toute la longueur du lac. Mais à côté du mouvement lent et majestueux qui faisait osciller l'eau de la Genève à la Villeneuve de mon lac en miniature, j'ai bientôt reconnu d'autres mouvements plus rapides, rhythmiques aussi, et faisant de même osciller l'eau dans le sens longitudinal. Autant que j'ai pu le constater, il y aurait deux mouvements secondaires d'oscillation longitudinale, l'un qui s'établit dans le Grand Lac, partant de Villeneuve et venant butter contre le cap d'Yvoire et la barre de Promenthoux, l'autre qui oscille dans le Petit Lac, de cette même barre de Promenthoux à Genève. De ces deux derniers mouvements, celui qui oscille dans le Grand Lac est un peu plus lent que celui du Petit Lac.

Ces mouvements se superposant aux grandes seiches Villeneuve-Genève et interférant avec elles sont assez difficiles à observer dans un bassin d'aussi petites dimen-

sions, et il faut beaucoup d'attention pour en démêler le rhythme. Je crois avoir constaté avec beaucoup de sûreté l'existence d'un mouvement propre au Grand Lac; pour celui du Petit Lac j'en suis moins certain, et je tiendrais pour possible que ce que j'ai vu ne fût que la répercussion dans le Petit Lac des seiches du Grand Lac, oscillant de Villeneuve à Promenthoux.

Quoi qu'il en soit, si ces expériences sont exactes, et si leurs résultats peuvent s'étendre du modèle réduit au lac Léman lui-même, nous aurions trois espèces de seiches longitudinales. Nous allons les étudier successivement.

III. Seiches longitudinales du lac Léman.

Seiches Villeneuve-Genève.

Ce sont les seiches dont j'ai constaté l'existence à Morges et à Évian au moyen de mon plémyramètre[1]; ce sont elles que j'ai retrouvées sur les tracés de l'enregistreur de Morges[2]. Elles se dessinent dans ces stations sous la forme de longues oscillations, très-faibles, très-peu accusées, se continuant parfaitement régulièrement pendant un temps souvent très-long. Voici quelques chiffres qui, en fournissant les éléments du calcul de la durée moyenne de ces seiches, montreront la persistance de ces ondulations.

Date et heure du début.	Nombre de seiches.	Durée totale.	Durée moyenne.
		Heures.	Minutes.
25 mai 1876, 10 h. m.	22	27	73,6
29 » » 11 » »	23	28	73,0
22 août » 2 » »	34	41	72,4

[1] IIme étude, p. 68, sq. fig. 48 à 55, 66 à 68.

[2] *Arch.*, LVI, pl. II, fig. 4 à 5.

Date et heure du début.	Nombre de seiches.	Durée totale.	Durée moyenne.
		Heures.	Minutes.
20 nov. 1876 4 h. s.	37	45	73,0
20 fév. 1877 5 » »	68	83	73,2

J'estime en moyenne à 73 minutes la durée de ces seiches.

A Morges leur amplitude est très-faible; je l'ai vue au maximum atteindre 3 centimètres dans les seiches du 22 août 1876 à 2 heures du matin.

Ces seiches sont bien les seiches longitudinales du lac Léman; c'est ce que nous montrera l'application de la formule des seiches.

$$t = \frac{l}{\sqrt{gh}}$$

t. la durée d'une demi-seiche $= {}^{73}/_{2}$ min. $= 2190$ sec.
l. la longueur du lac $= 73{,}2$ kilomètres,
h. la profondeur moyenne du lac $= 114$ mètres.

Ce chiffre de 114 mètres, représentant la profondeur moyenne du lac dans son ensemble, est parfaitement admissible, étant donnés 205 m. pour la profondeur du Grand Lac et environ 50 m. pour celle du Petit Lac.

Puisque ces seiches sont des seiches longitudinales, oscillant de Villeneuve à Genève, on doit pouvoir les retrouver aux extrémités du lac.

Je les ai constatées à Genève, le 3 mars 1876; j'ai suivi ce jour-là, sur le limnimètre du Jardin anglais, de minute en minute les mouvements de l'eau, et les rapportant sur un papier quadrillé, à l'échelle de grandeur naturelle pour les variations de niveau de l'eau, et de un millimètre par minute de temps, j'ai obtenu le tracé de la fig. 2. Ce tracé montre une grande oscillation de plus

d'une heure de durée, ornée de petites seiches secondaires qui donnent un peu d'incertitude aux moments de maximum et de minimum de hauteur.

Ces seiches de 73 minutes ont depuis lors été observées par M. Ph. Plantamour qui, du 20 octobre 1876 au 15 janvier 1877, les a suivies et relevées avec une persévérance et patience infatigables, à son limnimètre de Sécheron ; il a constaté et confirmé leur rhythme ainsi qu'il l'a décrit dans le numéro de mars 1877 de ces *Archives*[1].

J'ai retrouvé ces mêmes seiches à Vevey, ainsi que je vais le dire.

Mon limnimètre enregistreur, me montrant ces seiches longitudinales et me permettant ainsi d'en constater, de Morges, l'existence sur toute l'étendue du lac, j'en ai profité pour pousser un peu plus avant leur étude.

Les seiches étant des vagues de balancement de l'eau, le niveau du lac oscille autour d'un point ou plutôt d'une ligne immobile comme le fait sur son point le fléau d'une balance à bassins. Il y a deux régions de mouvement maximal, deux ventres d'oscillation, un à chaque extrémité du lac; il y a une ligne où le niveau de l'eau reste immobile et où le mouvement se fait seulement dans le sens latéral, un nœud de mouvement au milieu de la longueur du lac. De là le nom de *vagues uninodales d'oscillation fixe* qu'il convient de donner aux seiches lorsque l'on veut définir leur nature.

Pour les seiches longitudinales du lac, où est le nœud de l'oscillation, le point mort où le niveau reste immo-

[1] *Archives*, LVIII, 303, sq.

bile? Ce n'est point à Morges, puisque les seiches y sont sensibles; ce n'est pas loin de Morges puisque leur amplitude est très-faible dans cette station. De quel côté est-ce? est-ce à l'orient ou à l'occident de Morges? *A priori* il n'est pas facile de répondre à cette question. En effet, si Morges est plus rapproché de l'extrémité orientale du lac (il y a 35 kilomètres en ligne droite de Morges à Villeneuve, et 48 de Morges à Genève), cependant, vu la profondeur et la largeur relatives du Grand et du Petit Lac, il semblerait presque que la masse principale du lac fût du côté de Villeneuve; en tous les cas, le point de plus grande profondeur du lac, situé devant Ouchy, est du côté oriental de Morges.

L'expérience a répondu à cette question. Deux séances d'observation au limnimètre de Genève, les 5 et 9 janvier 1877, par des jours de belles seiches longitudinales, m'ont donné des tracés que j'ai pu superposer aux tracés de l'enregistreur de Morges; j'en donne un exemple à la figure 1. L'on y voit que les grandes seiches de Genève sont exactement de même durée que celles de Morges, mais leur sont directement opposées; c'est-à-dire que la seiche est haute à Morges quand elle est basse à Genève, basse à Morges quand elle est haute à Genève.

J'ai confirmé ce fait en superposant mes tracés à quelques-uns de ceux que M. Ph. Plantamour a bien voulu me confier, et j'ai obtenu la même opposition dans les mouvements.

Comme contre-épreuve de cette expérience, j'ai répété cette même observation entre Morges et Vevey, à deux reprises aussi[1]. Puisqu'il y avait eu opposition dans les

[1] J'ai répété deux fois dans chaque station cette expérimentation de manière à être bien assuré que les relations observées entre les seiches n'étaient pas dues à une coïncidence fortuite.

mouvements de l'eau à Genève et à Morges, il devait y avoir simultanéité à Vevey et à Morges, étant donnée la situation respective des stations ; c'est ce que l'observation a démontré et c'est ce que prouve la figure 3, montrant la superposition des deux tracés. Malheureusement, le limnimètre de Vevey est tellement paresseux que le tracé de cette station est sensiblement en retard et que la simultanéité avec la seiche observée à Morges est loin d'y être aussi évidente que l'était l'opposition dans l'expérience Morges-Genève ; il y a retard dans la seiche de Vevey sur celle de Morges de 5 à 10 minutes, et l'amplitude de la seiche n'est pas plus forte sur le tracé de Vevey que sur celui de Morges. Mais la paresse du limnimètre de Vevey m'a été montrée par tellement de symptômes dans les cinq heures de temps que j'ai passées devant cet instrument, que je n'ai pas la moindre hésitation à attribuer ce retard et ce défaut d'amplitude à la paresse dont je parle.

La comparaison de l'amplitude des seiches de Morges et de Genève, du 22 août 1876 (Ph. Plantamour et Forel) et des 5 et 9 janvier 1877 (Forel), me montre que l'amplitude de la même seiche est à Genève 10 à 12 fois plus forte qu'à Morges.

De ces diverses observations je conclus que le nœud du mouvement des seiches longitudinales du Léman est situé près de Morges, à l'occident de cette station, entre Morges et Genève, à St-Prex probablement.

IV. Seiches longitudinales du grand lac.

Seiches Villeneuve-Promenthoux.

J'ai dit que j'ai constaté l'existence de ces seiches dans mon modèle du lac, réduit au cent-millième ; quelques

détails encore sur cette expérience ne seront pas inutiles. Dans le but de préciser avec plus d'exactitude la nature de certains mouvements plus rapides que je distinguais parfois au milieu des seiches longitudinales Villeneuve-Genève, j'ai fait à l'aide d'une lame de liège un barrage complet au détroit de Promenthoux de mon lac en miniature, puis j'ai mis l'eau en état d'oscillation longitudinale. J'ai pu alors facilement compter la durée des seiches Villeneuve-Promenthoux et régler, en isochronisme avec ces seiches, un pendule qui oscillait à côté de ma table d'expérimentation. Ensuite j'ai enlevé l'écluse et j'ai vu persister, au milieu des grandes seiches Villeneuve-Genève, les petites seiches Villeneuve-Promenthoux dont je pouvais reconnaître le rhythme en le comparant à celui du pendule.

Ces vagues de balancement, limitées à une partie du Léman, existent-elles en réalité dans la nature aussi bien que dans un modèle réduit du lac? Je ne sais pas comment expliquer autrement les seiches que j'ai étudiées à Veytaux en 1873, à Chillon en 1874 et que M. Henri Dufour a retrouvées à Vevey en 1876. Résumons rapidement ces observations :

En 1873 j'ai fait à Veytaux 7 observations différentes, comprenant ensemble une vingtaine de seiches[1]. Ces mouvements assez irréguliers m'ont donné une durée moyenne de 30 minutes environ. Je n'attache pas une grande valeur à ces expériences et je ne me fonderai pas sur elles pour en tirer la durée exacte de ces seiches; j'essayais alors le jeu de mon plémyramètre qui était encore très-imparfait, et les circonstances étaient fort peu heu-

[1] IIme étude, p. 64, sq.

reuses pour l'étude des seiches, le temps étant superbe et le baromètre au repos absolu pendant toute la durée de ces expériences.

Le 6 juillet 1875 j'ai profité d'une splendide journée de belles seiches pour faire à Chillon, pendant près de sept heures de suite, des observations excellentes [1]. Les seiches étaient encore un peu irrégulières dans leurs détails, mais l'étude de mon enregistreur m'autorise à ne pas me laisser arrêter par cette irrégularité; les 11 seiches que j'ai observées ont varié de 28 à 40 minutes; la moyenne a été de 35 minutes, chiffre que j'adopterai pour les seiches qui nous occupent.

Du 19 août au 6 octobre 1876, M. Henri Dufour a fait à Vevey 13 observations de seiches à l'aide du plémyramètre. Il a toujours constaté un mouvement oscillatoire de l'eau; d'après les notes et tracés qu'il a bien voulu me communiquer, M. Dufour aurait eu :

a. Pendant cinq séances d'observation des seiches relativement courtes, dont la durée a varié de 28 à 45 minutes, et dont la durée moyenne a été de 35,2 minutes. Ce sont évidemment les mêmes seiches que j'ai vues à Chillon et à Veytaux.

b. Dans trois observations il aurait eu des seiches longitudinales Villeneuve-Genève; la durée en était de 76 à 78 minutes [2].

c. Les cinq autres observations n'ont pas duré assez longtemps pour qu'il soit possible d'en reconnaître avec

[1] Résumé de ma IIme étude, *Archives*, août 1875, p. 28.

[2] La durée des oscillations est un peu plus forte que celle que m'ont donnée les traces de l'enregistreur (73 minutes); mais le nombre de seiches qu'embrasse chacune des observations de M. Dufour n'est pas assez grand pour m'engager à établir sur elles, ou à modifier d'après elles, la durée des seiches longitudinales.

sûreté le rhythme; celui-ci se rapprochait probablement du type des seiches de 35 minutes.

Voici donc trois séries d'observations, à Vevey, à Veytaux et à Chillon, où je reconnais le même type d'oscillations de 35 minutes de durée. Ces seiches n'ont pas, à ma connaissance, été observées ailleurs. Je ne retrouve rien dans les tracés de l'enregistreur de Morges que je puisse attribuer à ces seiches [1]. Il est probable qu'à Morges nous sommes trop près du point mort pour enregistrer ces oscillations, ou qu'elles y sont si faibles que je ne sais pas les reconnaître au milieu des diverses ondulations qui interfèrent sur mes tracés. Cependant j'avoue être étonné de cette absence absolue des seiches de 35 minutes, Morges étant située aussi loin à l'Ouest de la moitié du Grand Lac, qu'elle l'est à l'Est de la moitié du lac dans son ensemble; et nous avons vu que les seiches longitudinales Villeneuve-Genève s'y dessinent encore parfaitement bien. La seule explication que je trouve de cette anomalie apparente, est que probablement ces seiches sont très-faibles d'amplitude et qu'elles n'apparaissent dans nos observations de l'extrémité orientale du lac que grâce à la prodigieuse sensibilité du plémyramètre :

Que sont ces seiches de 35 minutes ? On peut faire trois suppositions :

1° Ce seraient des seiches longitudinales du lac dans son ensemble, mais avec redoublement de mouvement; deux seiches oscillant en même temps mais ayant un mo-

[1] C'est par erreur que j'ai donné cette attribution à des oscillations de 20 minutes de durée que j'ai figurées à la pl. III, fig. 8 des *Archives*, t. LVI. Ce que sont ces oscillations de 20 minutes, très-rares du reste, je n'en sais rien encore.

ment de départ un peu différent, elles interféreraient ensemble comme je l'ai vu faire pour des seiches transversales [1]. Cela serait admissible si la durée des seiches de l'extrémité orientale du lac était exactement la moitié de celle des seiches Villeneuve-Genève. Mais celle-ci est de 73 minutes; les seiches de Chillon n'ont que 35 minutes, dont le double, 70 minutes, est trop différent de 73 minutes pour que des erreurs d'observation suffisent à expliquer cet écart.

2° Ce pourrait être des seiches longitudinales binodales. On doit en effet admettre que le plus souvent les seiches, vagues d'oscillation fixe des lacs, sont des vagues uninodales avec un ventre de mouvement à chaque extrémité du lac, et un nœud au milieu de la longueur; mais on peut aussi supposer que dans certains cas le mouvement de balancement puisse s'établir de telle sorte qu'il y ait vague binodale, avec trois ventres de mouvement, un à chaque extrémité et un au milieu de la longueur du lac, et deux nœuds, un à chaque tiers de la longueur. Les seiches de Chillon seraient-elles des seiches longitudinales binodales?

Le Dr F. Guthrie [2] nous a donné pour des bassins à profondeur indéfinie la formule de ces vagues : « La durée des vagues uninodales est à celle des vagues binodales comme $\sqrt{2}$ est à 1. » Si j'osais appliquer cette relation aux seiches, vagues d'oscillation fixe dans des bassins à profondeur relativement peu considérable, 73 minutes étant la durée des vagues uninodales du lac Léman, les vagues binodales auraient une durée de 52 minutes; les

[1] *Archives*, LVI, pl. II, fig. 2 à 3.

[2] *F. Guthrie*, On stationary liquid waves. Procced. of the phys. society, I. London, 1875.

seiches de Chillon ayant 35 minutes de durée ne seraient pas des seiches longitudinales binodales.

Mais si ce raisonnement est sujet à critique, il est un argument qui est décisif, c'est l'absence des seiches de 35 minutes sur les tracés de Morges. Cette station étant située à peu près au milieu de la longueur du lac, si ces seiches étaient des vagues binodales, elles formeraient à Morges un ventre de mouvement, et y auraient une amplitude considérable.

3° Enfin ce pourrait être des seiches propres au Grand Lac, oscillant de Villeneuve à la barre de Promenthoux. Pour vérifier cette supposition, appliquons-leur la formule des seiches :

$$t = \frac{l}{\sqrt{g\,h}}$$

d'où

$$h = \frac{l^2}{g\,t^2}$$

Si je mesure la longueur du Grand Lac de Villeneuve à la barre de Promenthoux je trouve 49 kilomètres,
de Villeneuve au Cap d'Yvoire, 45 kilomètres.

t durée d'une demi-seiche $= \frac{35}{2}$ minutes $= 1050$ sec.
1er cas l long. du lac $= 49$ kilom. h profond. moy. $= 221$ m.
2e cas l » $= 45$ » h » $= 187$ »

Nous avons trouvé plus haut par l'étude des seiches transversales que la profondeur moyenne du Grand Lac est de 205 mètres; ce chiffre est intermédiaire à ceux de 187 et 221 mètres que nous donnent les deux suppositions extrêmes de la longueur du lac.

Si j'utilise la formule $l = t\sqrt{g\,h}$
je trouve les relations suivantes :

t durée de la demi-seiche $= 1050$ secondes
h profondeur moyenne $= 205$ mètres d'après le calcul des seiches transversales,

l longueur du lac = 47 kilomètres. Ce chiffre est intermédiaire à ceux de 45 et 49 kilom. que nous a donnés la mensuration directe sur la carte.

Ces calculs expriment trop bien les relations de longueur et de profondeur du lac avec la durée des seiches pour que j'hésite plus longtemps. J'admets donc que les seiches de Vevey, Veytaux et Chillon, de 35 minutes de durée, sont les seiches longitudinales du Grand Lac oscillant de Villeneuve à Promenthoux.

V. Seiches du Petit lac.

Quand dans ma première étude j'ai cherché la durée des seiches de Genève chez les anciens observateurs, H.-B. de Saussure, Vaucher, Vénié, etc., je me suis trouvé en présence de nombres très-peu précis et ne donnant le plus souvent que des valeurs très-irrégulières; évidemment ces observateurs ne se sont pas préoccupés de la durée du mouvement des seiches ni de la recherche du rhythme; ils n'étaient frappés que de l'amplitude [1]. Quoi qu'il en soit, en essayant de tirer de leurs chiffres des moyennes, j'étais arrivé pour les seiches de Genève à une durée de 26 minutes environ.

Ces seiches sont évidemment fort différentes des seiches de 73 minutes que nous avons étudiées plus haut et que nous avons vues exister à Genève ; elles se superposent généralement à ces dernières [2].

[1] Faisons une très-honorable exception pour Vaucher qui a recherché avec beaucoup de soin l'isochronisme des seiches aux Pâquis, Eaux-Vives, Genthod, etc.

[2] En figurant les seiches de Vaucher à une autre échelle que celle que j'avais employée dans ma première étude, en employant pour la durée un millimètre par minute, je retrouve facilement dans quelques-unes de ces observations les grandes seiches de 73 minutes qui

Ma figure 2, qui représente les seiches de Genève de mars 1876, donne une bonne idée de ces seiches rapides qui se superposent en brodant sur les grandes seiches longitudinales du lac; dans ma figure 1 les irrégularités des ondulations de Genève sont probablement dues à des oscillations de même ordre.

Ces oscillations secondaires de Genève ont-elles un rhythme constant? sont-elles des seiches distinctes et spéciales ou bien de simples répercussions et réflexions d'autres mouvements du lac? Quelle en est la signification? Je ne veux pas essayer de le rechercher en l'absence d'un matériel d'observation suffisant. C'est au limnimètre enregistreur que M. Plantamour fait construire à Sécheron qu'il appartiendra de résoudre cette question.

En résumé, je reconnais dans le lac Léman :

1° Des seiches transversales, seiches Morges-Amphion de 10 minutes (617 secondes) de durée oscillant dans un bassin de 13,8 kil. de long et de 205 mètres de profondeur moyenne;

2° Des seiches longitudinales du lac dans son ensemble, seiches Villeneuve-Genève, de 73 minutes de durée, oscillant dans un bassin de 73,2 kilom. de longueur et de 114 mètres de profondeur moyenne;

3° Des seiches longitudinales du Grand Lac, seiches Villeneuve-Promenthoux, de 35 minutes de durée, oscillant dans un bassin de 47 kilom. de long et 205 mètres de profondeur moyenne;

n'étaient pas apparentes sous l'échelle plus lâche et trop espacée de 3 millimètres par minute.

C'est un exemple nouveau de l'importance qu'il y a de choisir une échelle convenable pour les représentations graphiques.

4° Des oscillations de 20 à 30 minutes de durée à Genève;

5° Des oscillations de 20 minutes de durée à Morges.

La signification de ces deux derniers ordres d'oscillations m'est complétement inconnue.

EXPLICATION DE LA PLANCHE

Dans les trois figures les tracés G, M et V représentent de grandeur naturelle les variations du niveau de l'eau dans les trois stations de Genève (G), Morges (M) et Vevey (V). L'échelle des temps est de un millimètre par minute.

La droite horizontale indique la hauteur absolue du lac rapportée au limnimètre normal de Burnier (dont le zéro est à trois mètres au-dessous du repère de la pierre du Niton).

Les droites verticales représentent les heures.

J'ai régularisé le tracé de Morges en dessinant au juger la ligne pointillée au milieu des oscillations secondaires qui brodent sur les seiches longitudinales de 73 minutes.

LOUIS AGASSIZ

NOTICE BIOGRAPHIQUE

PAR

ERNEST FAVRE

Le nom d'Agassiz, qui a été depuis trente ans intimement lié à l'histoire de la science en Amérique, est resté cependant populaire en Suisse, où les travaux de cet éminent naturaliste ont eu un grand retentissement. C'est dans notre pays qu'il est né, qu'il a acquis sa célébrité, et la Suisse n'a garde d'oublier qu'il est du nombre de ses enfants. Sans autre ressource que son intelligence et son énergie, il s'est élevé au premier rang parmi les grands hommes de la science dans notre siècle. Nous voudrions fixer, dans ces quelques pages, le souvenir de cette brillante existence [1], en indiquant à grands traits les

[1] Je témoigne ici ma reconnaissance à M. Marcou pour les nombreux renseignements qu'il a bien voulu me communiquer. Je remercie aussi MM. Alexandre Agassiz, de Candolle, A. Favre, Lang, Merian, Rutimeyer et Studer des documents qu'ils ont mis à ma disposition. J'ai commencé à m'occuper de cette notice à la demande de M. E. Secrétan qui désirait avoir une biographie d'Agassiz pour la *Galerie suisse*, t. III. Mon article ayant dépassé les limites qui m'étaient fixées et la publication de ce volume étant retardée jusqu'à l'hiver prochain, la Rédaction des *Archives* a bien voulu accueillir *in extenso* ce travail.

Il a paru plusieurs biographies et de nombreux articles nécrologiques sur Agassiz. Voici ceux que j'ai pu consulter :

F.-J. Pictet. Agassiz. Album de la Suisse romande, 1847 (non

diverses phases de sa vie et les principaux sujets de recherches qu'il abordés [1].

I.

Louis-Jean-Rodolphe Agassiz naquit le 28 mai 1807, dans la maison pastorale du village de Motier, situé dans le canton de Fribourg, au bord du lac de Morat.

signé). — New-American Cyclopedia. Agassiz (Sa vie jusqu'en 1860). — *Th. Lyman.* Commemorative Notice of L. Agassiz, Ann. Rep. of the Amer. Acad. of Arts and Sc. for 1873. — Journal de Genève, 16, 21 et 27 décembre 1873. — The Nation, 18 décembre 1873.—*Th. Lyman.* Recollections of Agassiz. Atlantic Monthly, fév. 1874. — *De Candolle.* Rapport... à la Société de physique. Mém. Soc. Phys., 1874. — *Rutimeyer.* Louis Agassiz. Basler Nachrichten, 1874. — *Vogt.* Louis Agassiz. Frankfurter Zeitung, 1874 ; Alpenpost, 1874, VI. — *Silliman.* Agassiz. Americ. Journ. of Sc. and Arts, 1874, VII, 77. —*Blanchard.* Un naturaliste au XIX[me] siècle, L. Agassiz, Rev. des Deux-Mondes, 1[er] juillet et 1[er] août 1875. — *Carus Sterne.* Ein Gründer unter den Naturforschern. Gegenwart, IX, 5 et 26 févr. 1876 ; réfuté par *Nick. Eichhorn,* Louis Agassiz, der bestverleumdete unter den Naturforschern, Gegenwart IX, 22 avr. et 13 mai 1876. — On peut lire aussi quelques pages sur Agassiz dans *Haeckel,* Ziele und Wege der heutigen Entwickelungsgeschichte ; elles ont été traduites Revue Scient., 1876, VI, p. 511 ; — M. *E. Naville* y a répondu : A propos des adversaires du transformisme. Rev. Scient., VI, p. 572.

[1] On trouve dans le *Catalogue of scientific papers* de la Société royale une liste de 130 publications faites par Agassiz. Cette liste ne mentionne que les travaux parus dans des recueils périodiques ; il faut donc y ajouter encore tous les ouvrages à part et les nombreuses publications qu'il a faites depuis 1863, date à laquelle s'arrête le catalogue.

Les *Archives des Sc. phys. et nat.* ayant toujours tenu leurs lecteurs au courant des recherches d'Agassiz, nous nous bornerons dans cette notice à les exposer d'une manière très sommaire.

Rien dans sa famille ou dans son entourage ne pouvait faire présumer les brillantes destinées qui enveloppaient ce berceau. Ses aïeux avaient exercé le pastorat pendant six générations; son père, dépourvu de fortune, avait embrassé la carrière traditionnelle. Ce ne fut donc qu'à son énergie, à ses talents, à son génie même qu'il fut redevable de la haute position qu'il acquit plus tard. Il y a peu à dire sur ses premières années. Dès son enfance, l'observation des animaux fut un de ses plus grands plaisirs. Il consacrait de longues heures à pêcher dans le lac et à étudier les mœurs des poissons; il examinait avec intérêt les métamorphoses des chenilles. Ce même goût se révéla, soit à Bienne où il suivait les leçons du collége, soit à Orbe où il séjourna plus tard, par sa passion de collecter des insectes et des plantes, et on l'entendit souvent expliquer avec enthousiasme à son frère cadet des phénomènes de la nature dont il n'avait encore que des notions bien imparfaites. Les cours de l'Académie de Lausanne le ramenèrent ensuite vers les études classiques. Arrivé à l'âge où il devait choisir une carrière, ses parents voulurent lui faire faire un apprentissage de commerce; mais il obtint d'eux l'autorisation d'étudier la médecine qui devait lui donner à la fois les moyens de suffire à son existence et l'occasion de poursuivre l'étude de l'histoire naturelle, pour laquelle il se sentait une vocation décidée. Il passa deux ans à Zurich, puis un hiver à Heidelberg, où professaient Bischoff, Leuckardt et Tiedemann. Les poissons furent encore, dans cette université, un de ses sujets d'études favoris; déjà il les classait, il les faisait dessiner, et il réunissait ainsi des matériaux qui devaient lui être plus tard d'une grande utilité.

Dans l'automne de 1826, il partit pour Munich où les

chaires d'histoire naturelle étaient occupées par des célébrités de premier rang. Oken, Martius l'accueillirent avec bonté; Dœllinger, l'illustre professeur d'embryologie, le prit sous sa protection, le reçut dans sa maison, et développa en lui le goût de cette science à laquelle Agassiz attacha toujours une grande importance. A ce moment déjà, le jeune étudiant éveillait les plus vives espérances. Bien vite ses maîtres et ses camarades, au nombre desquels nous trouvons les botanistes Schimper et Braun, et Burckhardt, son dessinateur, furent ses amis, et il devint le centre d'un groupe scientifique animé. « Quand nous nous réunissions pour causer ou pour nous donner mutuellement des leçons, comme nous le faisions constamment, nos professeurs, écrit-il, étaient souvent parmi nos auditeurs, et nous stimulaient dans tous nos efforts pour des recherches individuelles. Ma chambre était lieu de réunion, chambre à coucher, salle de travail, musée, bibliothèque, salon de lecture, salle d'armes, tout à la fois. Élèves et professeurs l'appelaient la petite Académie. » Les quatre années qu'il passa ainsi à Munich dans l'étude de la médecine, des sciences naturelles et même de la philosophie, avec tout l'espoir, l'entrain de la jeunesse, comptèrent parmi les plus belles de sa vie; et il en conserva toujours un doux souvenir. Ce séjour devait, du reste, décider définitivement de sa carrière. Martius et Spix étaient alors revenus depuis peu d'une expédition au fleuve des Amazones, et Spix était mort, n'ayant encore qu'ébauché la description des poissons rapportés. Martius demanda à Agassiz, déjà quelque peu préparé à ce sujet par ses propes études, de se charger de ce travail. Le jeune étudiant se tira avec honneur de cette tâche difficile qui devait commencer sa réputation. L'ou-

vrage parut en 1829 [1]. La même année, Agassiz prenait son doctorat en philosophie. L'année suivante, il était reçu docteur en médecine et partait pour Vienne, afin d'étudier, dans les collections de cette ville, les poissons du Danube.

Rappelé en Suisse par son père, qui exigeait qu'il vînt y pratiquer la médecine, il obtint cependant un nouveau délai, et après un court séjour, il se rendit, en 1831, à Paris où l'attirait le désir de se mettre en relation avec la pléiade d'illustrations du Museum d'Histoire Naturelle. Cuvier, Blainville, Valenciennes reçurent avec bienveillance le jeune docteur. Il vit fréquemment Humboldt, dont la renommée brillait alors de tout son éclat, et qui lui donna les preuves de son amitié en lui fournissant les moyens de prolonger son séjour à Paris [2]. La bienveillance de l'illustre voyageur ne devait plus lui faire défaut [3] et exerça plus tard une grande influence sur sa carrière.

L'intérêt qu'Agassiz portait aux recherches sur les poissons s'était accru en même temps que ses connaissances sur ce sujet. Il trouva à Paris une des collections les plus complètes de cette classe et une belle série de poissons fossiles du Monte-Bolca, appartenant au comte Gazzola. Il en entreprit la description. C'étaient ses premiers pas dans les recherches paléontologiques. Cuvier, qui distingua bientôt dans le jeune naturaliste les preuves

[1] Selecta genera et species piscium quos collegit et pingendos curavit Dr J.-B. de Spix : digessit, descripsit et observationibus illustravit Dr L. Agassiz.

[2] Lettres d'Agassiz à Louis Coulon. Mém. Soc. Phys. Genève, 1874, XXIII, 472.

[3] Lettres de Humboldt à Louis Coulon. Mém. Soc. Phys. Genève, 1874, XXIII, 475.

d'un rare mérite, mit généreusement à sa disposition les matériaux qu'il avait réunis pour une histoire des poissons fossiles. Ce puissant encouragement décida définitivement de sa carrière.

La zoologie ne devait pas suffire, en effet, à son esprit généralisateur. Il comprit promptement que la paléontologie en était un complément indispensable. La division du règne animal en embranchements, classes, ordres, familles, genres et espèces n'est point, d'après lui, un système inventé pour la simplification de nos recherches; elle est d'institution divine; ce vaste plan de la création a existé dès le commencement, et les êtres venus en dernier lieu à la surface du globe en font partie aussi bien que ceux dont nous trouvons les restes dans les terrains les plus anciens. La nature des fossiles, l'ensemble de leur organisation, prouvent de la manière la plus évidente l'existence de ce plan primitif qui s'est développé régulièrement jusqu'à l'époque actuelle. La paléontologie nous fournit des milliers d'espèces et de genres, de nombreuses familles, aujourd'hui disparus, et qui constituent une partie importante de cette œuvre. Baser une classification zoologique sur les organismes vivants, c'est vouloir faire un tout d'une petite partie, c'est éliminer arbitrairement de l'œuvre divine la majorité des éléments qui la constituent. Les grands travaux de Cuvier avaient révélé tout d'un coup l'importance de la paléontologie. Dans ses recherches sur les ossements fossiles, il avait posé les bases de cette science, en montrant que les espèces enfouies dans l'intérieur du globe sont différentes de celles qui vivent aujourd'hui. Il avait établi la loi de *l'unité de plan* qui permet de conclure des formes actuelles aux formes anciennes, et la loi de *concordance des caractères*

qui, établissant la nécessité que toutes les parties de l'être soient disposées dans un même but, autorise à déduire de chacune d'elles les caractères des autres ainsi que le genre de vie de l'animal [1]. Pour apprendre à connaître un type éteint, nous n'avons pas besoin de l'avoir sous les yeux dans son entier. Non-seulement ses parties solides, les seules conservées, nous donnent des caractères suffisants pour le classer dans la famille, le genre et l'espèce à laquelle il appartient, mais un fragment même de cette charpente, un os, une mâchoire, une dent, fournissent, dans la plupart des cas, des notions suffisantes pour obtenir ce résultat. Ces principes sont basés avant tout sur l'anatomie comparée des animaux vivants dont l'étude est indispensable à la connaissance des types disparus. Agassiz les appliqua à celle des poissons fossiles dont les collections renfermaient alors de nombreux échantillons qui n'avaient point encore été examinés. Les musées publics et particuliers d'Angleterre lui fournirent la majeure partie des matériaux, mais ceux de l'Europe entière furent mis aussi à contribution.

II

Jusqu'ici nous avons vu Agassiz utilisant, au profit de la science, les grandes ressources mises à sa disposition. Son retour en Suisse en 1832, nous apprend à connaître une nouvelle face de cette vaste intelligence, son talent de création et d'organisation. La libérale protection de Louis Coulon et de quelques autres particuliers, celle

[1] Pictet, Traité de paléontologie. Introduction.

de Humboldt, qui exerçait une grande influence sur le roi de Prusse, alors suzerain de Neuchâtel, facilitèrent l'établissement d'Agassiz dans cette ville[1]. Un traitement annuel de 80 louis comme professeur au gymnase et l'achat de ses collections pour 500 louis, lui fournirent les premières ressources nécessaires à la continuation de ses publications. Il n'a plus ici, comme à Munich et à Paris, des matériaux immenses à utiliser, des savants illustres prêts à venir à son aide. Tout est à créer ; mais il est le premier, le chef, et il rallie immédiatement autour de lui un groupe de naturalistes qui rappelle, sur un autre théâtre, la « petite académie de Munich. » Les noms bien connus de MM. Desor, C. Vogt, Gressly, Guyot, Nicolet, de Montmollin sont rattachés à cette partie de son existence; les deux premiers furent ses collaborateurs les plus actifs. Plusieurs de ses compagnons d'étude de Munich, Weber, Dinkel et Burckhardt le suivirent dans cette nouvelle résidence, où ils travaillèrent à l'exécution de ses dessins; un Neuchâtelois, H. Nicolet, ouvrit, à son instigation, un vaste établissement lithographique dans lequel furent exécutées toutes les planches de ses mémoires; la modeste chaire qu'il occupait devint bientôt la chaire la plus réputée du gymnase; les collections s'agrandirent rapidement. Le public s'intéressa à ces créations ; quelques jeunes gens se lancèrent dans ces recherches, et ainsi se fonda, en 1833, sous la présidence de L. Coulon, la Société d'histoire naturelle dont Agassiz fut le secrétaire et l'âme pendant bien des années. Neuchâtel devint un centre scientifique important d'où sortirent successivement et à de

[1] Lettres d'Agassiz à Louis Coulon. Mém. Soc. de Phys. Genève, 1874, XXIII, 472.

courts intervalles de volumineuses publications scientifiques de premier ordre.

En 1839, il publia le commencement de son *Histoire naturelle des Poissons d'eau douce de l'Europe centrale,* dans laquelle se trouve l'embryologie des Salmonides, par M. C. Vogt. Cet ouvrage, entrepris sur un plan très vaste, est resté inachevé.

L'histoire des Poissons fossiles, commencée à Paris, fut terminée pendant cette époque. La première livraison parut en 1833 à ses propres frais, mais ses modestes ressources ne devaient pas suffire à continuer ce travail accompagné de planches magnifiques[1]. L'appui de la Société géologique de Londres et de quelques particuliers, lord Enniskillen et sir Francis Egerton, lui fournit les moyens de poursuivre cette œuvre. Un dessinateur, Dinkel, travailla pour lui, sans relâche, pendant plusieurs années. Cette publication, qui peut être regardée comme la continuation des Recherches sur les ossements fossiles de Cuvier, ne fut achevée qu'en 1843. C'est l'œuvre la plus originale d'Agassiz, de la gloire duquel elle reste un des principaux monuments.

Aucune classe d'animaux ne pouvait fournir des éléments plus importants pour l'histoire du développement du règne organique, la loi de la succession des êtres et les relations des faunes fossiles. Seule, dans l'embranchement des vertébrés, elle a apparu dès les premiers âges du monde et traversé jusqu'à l'époque actuelle toutes les phases de la création. Une ostéologie des poissons, une classification rationnelle de ce groupe, la description d'une multitude d'espèces nouvelles, et des conséquences théo-

[1] Recherches sur les poissons fossiles, 1833-1844, 5 volumes in-4° et un atlas de 384 planches in-folio en grande partie coloriées.

riques d'une haute importance furent le résultat des savantes recherches d'Agassiz.

L'un des caractères distinctifs dans cette classe est d'avoir une peau garnie d'écailles de forme et de structure particulières; or la nature de cette enveloppe est en rapport direct avec l'organisation intérieure. Les écailles acquièrent donc une grande importance à ce point de vue et peuvent servir de base à la classification de ces animaux. L'auteur les subdivise donc en quatre ordres de la manière suivante :

Cycloïdes. Écailles imbriquées, cornées et sans émail, dont le bord postérieur est simple. Squelette osseux.

Cténoïdes. Écailles imbriquées, cornées, sans émail, dont le bord postérieur est dentelé. Squelette osseux.

Ganoïdes. Écailles anguleuses et revêtues d'une couche d'émail, s'unissant par leurs bords d'une manière régulière. Squelette moins osseux que les précédents, quelquefois cartilagineux.

Placoïdes. Plaques osseuses, disposées irrégulièrement, terminées en dessus par des pointes ou des crochets. Squelette cartilagineux.

Ces deux derniers ordres ont apparu dès les premiers temps de la vie à la surface du globe. Les autres ont commencé à l'époque crétacée et forment la presque totalité des poissons actuels. Cette classification a subi depuis lors d'importantes modifications. Elle a réalisé cependant un progrès très considérable dans la connaissance de cette classe. « C'est le trait de génie, a dit Pictet, qui domine l'ensemble de ce bel ouvrage. »

La monographie des Poissons du vieux grès rouge, faite sur la demande de l'Association britannique pour l'avancement des sciences, vint compléter, en 1844, le

travail précédent [1]. L'auteur eut à décrire une faune très nombreuse et entièrement nouvelle. Quand il avait commencé ses recherches sur les poissons, il ne connaissait point encore d'espèces plus anciennes que celles du terrain houiller; le nombre de ces fossiles s'est démesurément accru depuis lors et se compte maintenant par milliers. Agassiz reconnut que parmi les espèces vivantes, un petit nombre seulement ont une queue *hétérocerque,* c'est-à-dire une queue asymétrique dans laquelle le lobe supérieur est formé par le prolongement de la colonne vertébrale. Ces animaux sont les derniers représentants d'un type très répandu dans les mers dévoniennes et carbonifères. Tous les autres poissons ont, au contraire, une queue *homocerque,* symétrique, à la base de laquelle s'arrête la colonne vertébrale qui ne pénètre dans aucun des lobes. Il observa que, dans les embryons de certains poissons, la queue commence par être hétérocerque, comme celle des poissons paléozoïques, avant d'arriver à l'état de queue homocerque. Cette importante découverte, jointe à d'autres du même genre, lui permit d'établir la loi que «l'embryon du poisson pendant son développement, la classe des poissons actuels dans ses nombreuses familles, et le type poisson dans son histoire planétaire parcourent à tous égards des phases analogues, » et, d'une manière plus générale, il applique cette loi aux vertébrés : « Les créations successives ont parcouru des phases de développement analogues à celles que parcourt l'embryon pendant son accroissement, et semblables aux gradations que nous mon-

[1] Supplément aux recherches sur les Poissons fossiles. Monographie des poissons fossiles du vieux grès rouge ou système dévovonien des îles Britanniques et de Russie. In-4° 41, pl. 1844-1845.

tre la création actuelle dans la série ascendante qu'elle présente dans son ensemble.» Puis s'élevant des considérations sur les poissons à des vues sur les phases de la création, il écrit : « Le résultat le plus incontestable des recherches paléontologiques modernes dans l'examen de la question qui nous occupe ici, c'est le fait, maintenant incontestable, de l'apparition simultanée de types particuliers de toutes les classes d'animaux sans vertèbres, dès les temps les plus anciens du développement de la vie à la surface du globe... » L'histoire de ce développement successif « démontre jusqu'à l'évidence l'impossibilité de rattacher les premiers habitants de la terre à un petit nombre de souches qui seraient allées en se différenciant sous l'influence des modifications des conditions extérieures d'existence [1]. »

C'est en 1844 qu'Agassiz écrit ces lignes, et il est demeuré toute sa vie fidèle à cette opinion. L'avenir dira s'il a eu tort ou raison; il est vrai que, pour le moment, la balance ne semble pas pencher en sa faveur. Il est difficile de comprendre que les résultats de ces admirables recherches et de celles qu'il a faites plus tard, ne l'aient pas précisément amené à soutenir la théorie du transformisme dont ils semblent être la conséquence naturelle. Il y a loin, toutefois, de là, à traiter, comme l'ont fait quelques personnes, son opposition à cette théorie, d'une hostilité aveugle et préconçue, reposant sur d'autres motifs que sur des raisons purement scientifiques.

Mais Agassiz avait l'esprit trop vaste, il était trop entreprenant pour réserver son attention à une seule classe du règne animal, et l'on vit bientôt paraître une série

[1] Introduction à une monographie des poissons fossiles du vieux grès rouge, p. 4, 13.

de travaux sur des sujets variés. C'est ainsi qu'il entreprit avec M. Desor l'étude des Échinodermes ; leurs recherches[1] ont servi de base à tous les travaux ultérieurs sur cette classe. M. Desor en fit bientôt une spécialité, et c'est à lui que nous devons la rédaction presque entière de plusieurs ouvrages sur ce sujet, pour lesquels Agassiz ne fut plus que son collaborateur. Puis il poursuivit des études aussi neuves qu'originales sur les Mollusques vivants et fossiles[2].

Un grand nombre de notices sur des points spéciaux d'histoire naturelle, des mémoires contenant des conclusions plus générales se succédèrent incessamment pendant ces années. Tandis que ces travaux originaux, publiés avec luxe, montraient le génie scientifique de leur auteur, les fruits de ses nombreuses lectures, de sa vaste érudition étaient consignés dans divers ouvrages.

Un des principaux est un catalogue des genres de tous les animaux connus, œuvre à laquelle collaborèrent plusieurs des zoologistes les plus distingués de cette

[1] Agassiz, *Prodrome d'une monographie des Radiaires*. Mém. Soc. Neuchâtel, 1836, I. *Description des Échinodermes fossiles de la Suisse*. Mém. Soc. helv. des Sc. nat., 1839, III, 1840, IV. *Catalogus systematicus*, etc., 1840. Recueil de monographies d'Échinodermes vivants et fossiles, 1838-1842; avec la collaboration de MM. Desor et Valentin auxquels est due une grande partie de ce travail. Agassiz, Salénies 1838. Id. Scutelles, 1841. Desor, Galerites, 1841. Id. Dysaster, 1841. Valentin, anatomie du genre Echinus, 1841. Agassiz et Desor. Catalogue raisonné des Échinides, Ann. des Sc. nat., 1846, 1847. VI-VIII, etc.

[2] Mémoire sur les moules des mollusques vivants et fossiles. Mém. Soc. Neuchâtel, II. — Études critiques sur les Mollusques fossiles. Mémoire sur les Trigonies, 1840. Monographie des Myes 1842-1845. Iconographie des coquilles tertiaires réputées identiques avec les vivantes, 1845.

époque [1]. En même temps, il réunissait les éléments d'une bibliographie zoologique et géologique [2], qui fut publiée plus tard à Londres.

« Nous travaillons à force ici, écrit-il à un ami de Genève. Gressly est là. Desor pioche les Galérites. Je suis alternativement aux Myes et aux poissons d'eau douce. Vogt fait de l'anatomie, et ainsi se passe le temps, agréablement et utilement [3]. »

L'énergie qu'il déploya pendant ces années fut quelque chose d'inouï, et dont l'histoire de la science n'offre peut-être pas d'autre exemple. Un de ses collaborateurs nous a laissé un tableau animé de l'activité qui régnait dans les laboratoires de Neuchâtel. « On peut penser, dit M. Vogt, que les rouages d'une semblable machine ne s'engrenaient pas toujours bien. L'imprimerie demandait de la copie, la lithographie des dessins; avec cela, le travail et les recherches ne cessaient pas; à peine avions-nous parfois le temps nécessaire pour les faire. Agassiz avait toujours des plans nouveaux, s'imposait de nouvelles tâches. Chaque pensée qui lui passait par la tête se transformait en un grand ouvrage avec des centaines de planches in-folio, des centaines de feuilles de texte; en cela, il était passé maître, de même que pour rassembler des matériaux pour ses travaux. Il savait mettre à contribution toute l'Europe; souvent les caisses qu'on avait fait venir avec une impatience fiévreuse, restaient là des semaines et des mois sans être ouvertes, parce que, pen-

[1] Nomenclator Zoologicus.

[2] Bibliographia zoologiæ et geologiæ. A general catalogue of all books, tracts, and memoirs on zoology, by Prof. L. Agassiz.... corrected, enlarged and edited by Strikland. London, 1848.

[3] Lettre à M. A. Favre, 14 janvier 1842.

dant ce temps, les objets qu'elles contenaient avaient perdu depuis longtemps de leur intérêt et que l'on était occupé d'un autre sujet. » Aussi l'ordre ne régnait pas en maître dans la maison d'Agassiz, ni dans son laboratoire. « Chez moi tout s'égare, mais rien ne se perd, » disait-il à ceux qui venaient consulter des échantillons ou des livres qu'il ne pouvait retrouver.

La réputation du jeune savant s'étendait déjà au loin. En 1839, à l'âge de 32 ans, l'Académie des sciences le nommait membre correspondant. Grand, bien fait, doué d'une santé excellente, d'une figure aimable et d'un regard qui brillait d'une intelligence peu commune, Agassiz gagnait la sympathie de tous ceux qui l'approchaient. Sa physionomie était franche et ouverte, son caractère attachant; il animait, par la vivacité et l'enjouement de son esprit, les réunions des naturalistes et les salles des laboratoires. « Il était, a dit un de ses adversaires scientifiques, qui fut d'abord du nombre de ses amis dévoués, un homme plein de bonté, enthousiasmé pour la science, facile à émouvoir pour tout ce qui était beau et bien. » Un entrain que rien ne pouvait contenir s'unissait chez lui à la facilité et au charme de la diction. Toujours prêt à créer des théories, à les discuter, à exposer des idées nouvelles, il captivait ses auditeurs par la verve et la clarté de son exposition. Ses leçons, ses conférences eurent toujours un succès extraordinaire. Même lorsqu'il traitait les sujets les plus abstraits, ses auditeurs restaient suspendus à ses lèvres. Ce talent de parole, qu'il possédait à un haut degré, fut un de ses principaux moyens d'action et contribua grandement à sa célébrité.

Il était avant tout zoologiste; il se distinguait particulièrement par la justesse et la promptitude de son coup

d'œil. Il voyait, dès la première inspection, tout ce que renfermait une collection, les pièces nouvelles, les types déjà décrits, et il se souvenait admirablement de ce qu'il avait vu. On lui a reproché de créer trop facilement de nouvelles espèces. Le savant géologue berlinois, Léopold de Buch, dont la figure originale et le costume excentrique excitaient souvent la curiosité, disait un jour : « Quand je suis à Neuchâtel et que je vais frapper à la porte d'Agassiz, j'ai toujours peur. — Pourquoi? lui demandait-on. — J'ai peur qu'il me prenne pour une espèce nouvelle. » La science a pourtant ratifié la plupart des distinctions qu'il a établies. Son sentiment si juste de la valeur des caractères le poussait à circonscrire l'espèce dans un cadre plus étroit, et il a même eu, sous ce rapport, une influence très heureuse sur la paléontologie.

Cet ensemble de travaux zoologiques, qui aurait suffi à remplir plusieurs existences, n'absorba pas encore tout son temps, et un champ de recherches nouveau vint encore s'offrir à lui. Quittons donc pour un moment les musées et les laboratoires pour nous transporter au pied des glaciers des Alpes, où nous le verrons bientôt arriver avec ses compagnons.

Depuis quelque temps déjà, l'attention des naturalistes était attirée sur la présence, dans une grande partie de la Suisse, de blocs de dimensions variées, dont la roche est de nature différente que celle du sol sur lequel ils reposent. Comment ces rocs, auxquels on donne le nom de blocs erratiques et qui sont formés de roches alpines, se trouvent-ils dispersés dans la plaine suisse et sur le Jura ? Deux théories sont en présence : Léopold de Buch, Élie

de Beaumont et d'autres soutiennent qu'ils ont été transportés par les eaux. Mais leur volume, quelquefois énorme et la hauteur à laquelle on les trouve sur les flancs du Jura, rendent cette hypothèse inadmissible. C'est à un montagnard valaisan, Perraudin, que revient l'honneur d'avoir résolu ce problème. Remarquant que les glaciers portent encore aujourd'hui des blocs qu'ils déversent à leur extrémité, il explique la dissémination des roches erratiques par l'hypothèse que les glaces se seraient étendues autrefois bien au delà de leurs limites actuelles, en entraînant à leur surface les matériaux qu'elles abandonnèrent ensuite au moment de leur retrait. Il communique l'idée à de Charpentier qui la discute avec lui et finit par l'adopter. La dispersion des blocs est liée à d'autres phénomènes qui viennent confirmer cette origine ; les surfaces polies et moutonnées, les amas de blocs anguleux, les monticules qui ont exactement la forme des moraines, les dépôts non stratifiés dans lesquels se trouvent des cailloux couverts de stries, tous ces faits qu'on observe aujourd'hui dans le voisinage immédiat des glaciers dont ils sont le produit, viennent aussi démontrer que ceux-ci ont recouvert autrefois, en majeure partie, le sol de la Suisse en y laissant les traces que nous venons d'indiquer. Si Perraudin fut l'inventeur de la théorie (1815), si Venetz contribua à la développer [1], ce fut de Charpentier, qui l'examina, l'étudia, la mûrit, la fit connaître et la propagea plus tard dans le monde savant, avec l'autorité que lui donnait sa science [2]. « C'est à cet ingénieux et persé-

[1] Mémoire sur les variations de la température dans les Alpes, 1821 ; publié en 1833, Mémoires de la Soc. helv. des Sc. nat. I.

[2] Notice sur la cause probable du transport des blocs erratiques de la Suisse. Ann. des Mines, 1835, VIII. Essai sur les glaciers et sur le terrain erratique du bassin du Rhône, 1841.

vérant naturaliste que doit revenir, dit M. Alphonse Favre, la plus large part de la gloire attachée à la découverte de cette grande vérité scientifique. »

Cependant Agassiz avait ouï parler de cette découverte et il était venu rendre visite à de Charpentier dans l'idée de la combattre. Il resta plusieurs mois chez lui, et repartit si bien convaincu qu'il s'empara de cette idée, vérifia les preuves déjà données en sa faveur, en chercha de nouvelles et l'exploita avec l'activité qu'il mettait à toutes choses. La question était déjà discutée depuis quelque temps, lorsque la Société helvétique des sciences naturelles se réunit à Neuchâtel, sous sa présidence, le 24 juillet 1837. Le discours d'ouverture roula sur cette question et éclata comme une bombe au milieu des adversaires les plus déclarés de la théorie glaciaire qui assistaient à la réunion. Léopold de Buch, dont le caractère ne brillait pas précisément par la douceur, s'emporta, ne voulut rien examiner, rien entendre. Agassiz, qui prévoyait ces transports, avait cependant cherché à l'amadouer à la fin de son discours : « Quand M. de Buch affirma pour la première fois, en face de l'école formidable de Werner, que le granit est d'origine plutonique et que les montagnes se sont élevées, que dirent les Neptunistes? — Il fut d'abord seul à soutenir sa thèse, et ce n'est qu'en la défendant avec la conviction du génie qu'il l'a fait prévaloir. Heureusement que dans les questions scientifiques, les majorités numériques n'ont jamais décidé de prime abord aucune question[1]. »

Malgré l'opposition de ces grands esprits qui avaient fait faire eux-mêmes tant de progrès à la science, la théo-

[1] Discours sur l'ancienne extension des glaciers. Actes Soc. helv., 1837, p. XXXII.

rie fit son chemin; elle est aujourd'hui généralement admise.

La base de ces recherches devait être nécessairement l'étude des glaciers actuels. Leur constitution, leur accroissement, leur marche, l'influence de la température, le transport des blocs, la formation des moraines étaient autant de questions qu'il s'agissait d'éclaircir. Agassiz se lance avec ardeur dans cette voie nouvelle, et va s'établir en 1840, avec MM. Desor, Vogt et quelques autres personnes, sur le glacier même de l'Aar. Ils construisent un logement à l'abri d'un gros bloc, sur la moraine médiane, et se mettent de suite à l'œuvre. L'année suivante, le bloc s'étant fendu, ils firent une cabane en bois et en toile. Elle était divisée en trois salles: la première était à la fois laboratoire et salon ; on y recevait les savants qui affluèrent bientôt de tous les pays vers l'*Hôtel des Neuchâtelois,* nom que le modeste abri a conservé dans l'histoire de la science ; la seconde et la troisième, dont la paille était le seul mobilier, servaient de chambre à coucher, l'une pour les naturalistes, l'autre pour les guides. On peut s'imaginer que l'installation n'était pas confortable et qu'il fallait une dose d'énergie peu commune pour mener, chaque année et pendant plusieurs semaines, une semblable existence [1]. Une lettre de M. Desor nous donne une idée des difficultés de ce séjour : « Vous seriez dans une grande erreur, écrit-il à un de ses amis, si vous alliez vous imaginer que tout est plaisir, satisfaction, jouissance intellectuelle à l'Hôtel Neuchâtelois. Voici trois jours que nous sommes renfermés dans notre tente sans pouvoir

[1] M. Desor a rendu compte de ces expéditions et de leurs résultats scientifiques dans de nombreuses publications : Bibliothèque Universelle, années 1840 à 1845.

sortir, tant le *gux*[1] est furieux. Savez-vous ce que c'est que le *gux*; je ne le pense pas, et vous êtes trop heureux de l'ignorer. Tout ce que je puis vous dire, c'est que si les fondateurs des diverses religions avaient connu le *gux*, ils n'auraient pas imaginé un enfer pour les âmes récalcitrantes, mais ils se seraient tout simplement bornés à les envoyer au pied du Finsteraarhorn en ayant soin d'y entretenir un *gux* perpétuel.... Il saisit les membres, dessèche la peau, rend l'imagination épaisse et obtuse, empêche de faire la cuisine.... Dans la nuit du 21 au 22, il nous a tout simplement renversé notre cabane, et nous avons été obligés de travailler toute la nuit à la relever. Représentez-vous comme cela devait être gentil d'être obligé de travailler en plein air par deux degrés au-dessous de zéro, pendant qu'une tourmente affreuse vous chasse continuellement des tourbillons de neige pulvérulente à la figure[2].... » Tous les moments ne ressemblaient cependant pas à ceux-ci. La gaieté, l'entrain, la jouissance intellectuelle dont parle M. Desor régnaient souvent en maîtres sous la tente du glacier de l'Aar. Ces expéditions se renouvelèrent jusqu'en 1845.

Le plus grand succès couronna ces persévérants efforts. Les ascensions faites par les naturalistes neuchâtelois, leur établissement même sur le glacier eurent un immense retentissement. On n'avait rien vu de semblable depuis les explorations de de Saussure dans le massif du Mont-Blanc. Le savant Genevois était venu trop tôt pour avoir beaucoup d'imitateurs. Mais une excursion à Zermatt, l'ascension de la Jungfrau, celle du Schreckhorn, donnèrent le branle aux excursions dans les monta-

[1] Tourbillon de neige, ainsi nommé dans l'Oberland.

[2] Lettre à M. A. Favre, 1er août 1842.

gnes, qui se popularisèrent à partir de cette époque. En même temps, ces naturalistes faisaient des recherches sérieuses, et malgré leur manque de connaissances des lois de la physique, le sujet était si nouveau qu'ils acquéraient rapidement des notions variées sur la constitution des glaciers et les phénomènes qui s'y rattachent. En revenant de chaque campagne, Agassiz publiait le résultat de ses recherches. Il songeait, non-seulement à rendre compte de ses observations, mais à répandre au loin la théorie dont il s'était fait le défenseur et le promoteur. De nombreux mémoires sur les glaciers actuels et anciens de la Suisse, sur la théorie glaciaire, sur les blocs erratiques du Jura, datent de ces années. De grands ouvrages, qui parurent plus tard à Neuchâtel et à Paris [1], renferment les résultats de ses études. Si ses observations ne sont pas toujours justes [2], si la science a fait depuis lors de grands progrès, ces travaux révélèrent cependant de nombreux phénomènes alors complétement ignorés, popularisèrent dans le monde entier la connaissance des glaciers, et donnèrent une impulsion décisive à ce genre d'études.

Bien des années plus tard, Agassiz navigant sur le fleuve des Amazones, faisait, sur la période glaciaire, la comparaison suivante : « On observe en Suisse, en automne, un phénomène assez commun qui permet de revoir encore ce paysage extraordinaire (le paysage glaciaire).

[1] Agassiz, Études sur les glaciers, avec un atlas de 32 pl. Neuchâtel, 1840. Nouvelles études et expériences sur les glaciers actuels.... Paris, 1847 ; plus un nombre très considérable de notices, de mémoires, de lettres. Voy. Catal. of Scient. papers.

[2] Voyez sur ce sujet les travaux du physicien Forbes qui, appelé d'Angleterre par Agassiz, profita de l'hospitalité qui lui était généreusement offerte au glacier de l'Aar.

Souvent, en septembre, au lever du soleil, toute la vaste plaine est remplie de vapeurs dont la surface ondulée et du blanc le plus éclatant semble, vue des hauteurs du Jura, une *mer de glace*, couverte de neige, qui descend des Alpes et comble toutes les vallées voisines[1]. »

En 1840, Agassiz se rendit en Angleterre pour y rechercher les traces des anciens glaciers. Il n'eut pas de peine à les retrouver, soit dans le pays de Galles, soit en Écosse. Son voyage dans ce pays fut un véritable triomphe, une série d'ovations.

Cette période d'activité incessante, pendant laquelle le groupe scientifique de Neuchâtel se fit connaître si honorablement, ne fut cependant pas pour Agassiz une période heureuse. L'union qu'il avait contractée quelques années auparavant avec la sœur du botaniste Braun ne répondit pas à son attente; le désaccord se mit dans le ménage et finit par une séparation. Agassiz redoubla d'énergie, d'activité, mais on peut voir dans ses lettres de cette époque que l'éclat qui environnait sa position ne suffisait pas à son bonheur. « Permettez-moi d'ajouter, écrit-il à un ami qu'il félicite sur son mariage, permettez-moi d'ajouter ce que l'expérience de ma vie me dicte pour vous. Rien n'est parfait dans ce monde; n'oubliez jamais que les petites contrariétés suscitent souvent de grands malheurs dans la vie domestique et que c'est en dissipant dès le début les petits nuages qui peuvent s'élever que l'on éloigne les orages qui fanent la vie. C'est là tout le secret du bonheur. Pardonnez à celui qui n'a pu en jouir

[1] Voyage au Brésil, p. 132.

lui-même de vous parler ainsi dans un moment où tout vous sourit. C'est que je me souviens qu'il fut un temps où je voyais ainsi la vie couleur de rose et pourtant maintenant la mienne est bien peu calme [1]. »

Aux discordes domestiques vinrent se joindre les embarras d'argent. Pour faire face aux dépenses que lui causaient ses vastes publications, ses voyages, ses séjours dans les glaciers, il eût fallu une grande fortune, et Agassiz n'en avait aucune. Son modique traitement, des sommes qu'il dut à la générosité du roi de Prusse et qui se transformèrent ensuite en une pension régulière, ne suffisaient point à ces dépenses et disparurent rapidement dans le gouffre. Pourtant, dans le feu de son activité, ses travaux, ses expéditions continuaient, mais la situation devint bientôt critique et il dut forcément chercher à ramener l'ordre dans ses affaires. Quelques lettres témoignent des embarras sérieux que lui causaient ces difficultés pécuniaires. « Je suis effrayé de l'approche du nouvel an, époque des règlements des comptes à Neuchâtel et je travaille comme un forcené pour pouvoir faire face à tout. Si Dieu me conserve la santé, j'espère qu'après un ou deux ans d'un travail suivi, en continuant à modérer toutes mes dépenses et surtout en m'abstenant de plus rien publier à mes frais, je parviendrai à rétablir complétement mes affaires ; mais pour le moment, je suis encore horriblement gêné, je dirais presque paralysé ; mais c'est ma faute et j'en supporterai patiemment les conséquences jusqu'à ce que je sois parvenu à me remettre à flot [2]. » — « Je n'éprouve qu'un seul regret dans ma position actuelle, c'est d'employer une partie de mon

[1] Lettre à M. A. Favre, 21 janvier 1844.
[2] Au même, 11 décembre 1844.

temps à faire des choses que je n'aurais jamais dû négliger et qui m'occupent beaucoup plus que si je les avais toujours tenues en bon ordre, et puis d'être obligé de retarder quelques-unes des publications que j'aurais aimé faire prochainement, mais qu'il serait imprudent de ma part de commencer à présent, car je pourrais faire renaître les embarras dont je commence à me tirer, en ne mettant pas dans toutes mes entreprises la plus grande circonspection[1]. » — « Ma vie, écrit-il encore, est maintenant un tourbillon dans lequel la meilleure partie de mon être arrive à peine à la conscience de sa réalité, tant les exigences extérieures auxquelles je dois suffire sont nombreuses et pressantes[2]...... » Mais combien de grandes idées, d'admirables travaux auraient été perdus pour la science, si le jeune savant n'avait pas voulu dépasser dans ses publications les économies qu'il pouvait faire sur sa paie de professeur. Agassiz était dévoué avant tout à la science ; il s'y donna tout entier, sans réserve et il eut toujours le talent de faire partager aux autres l'ardeur qui l'animait. Mettant à contribution les talents des uns, la bourse des autres, ajoutant à cela toutes ses ressources, modestes, il est vrai, mais aussi tout son temps et son génie, il est arrivé au résultat que chacun peut constater aujourd'hui. Une lettre qu'il écrivait au professeur Silliman, au moment de s'embarquer pour l'Amérique, montre qu'il se donnait en effet tout entier à la science. « Pour pourvoir à ces dépenses, je serai obligé, écrit-il, de vivre très économiquement et d'une manière qui sera peu en accord avec la munificence royale qui m'a fourni les moyens de faire ce voyage....., » et ailleurs : « Ma sphère

[1] Lettre à M. A. Favre, 12 février 1845.
[2] Au même, 10 juillet 1845.

est entièrement circonscrite par le monde scientifique et toute mon ambition est limitée à être utile à la branche de science que je cultive particulièrement. Avec tout cela, je ne suis pas misanthrope, mais j'ai appris de bonne heure que, quand on n'a pas de fortune, on ne peut en même temps servir la science et mener la vie du monde. Si j'ai été capable de produire des publications nombreuses et coûteuses, cela a été seulement en suivant ce système d'économie et de retraite volontaire ; et les résultats que j'ai obtenus jusqu'ici m'ont récompensé si bien des privations que j'ai souffertes, que je n'ai aucune tentation d'adopter un autre genre de vie, même si je devais en avoir, et spécialement dans votre pays, plus d'ennuis que je n'en ai eu à le conserver dans le mien [1]. »

Cependant la discorde avait pénétré dans le groupe scientifique de Neuchâtel. Enthousiaste de toutes les idées nouvelles, Agassiz s'en emparait avec ardeur quand il les trouvait justes ; il les développait, les répandait et finissait trop souvent par se les approprier sans rendre suffisamment justice au premier inventeur. Plus âgé que ses collègues, plus entreprenant, déjà connu dans le monde savant, il publiait sous son nom les travaux exécutés dans ses laboratoires, en ne donnant aux noms de ses collaborateurs qu'une place secondaire. C'était, il est vrai, lui qui les avait inspirés, qui avait réuni les matériaux et qui faisait les frais de la publication. Mais ses aides revendiquèrent bientôt la part qui leur revenait ; de là des tiraillements, des luttes, des discordes qui allèrent toujours en s'aggravant. La réunion se sépara. M. Vogt quitta le premier l'association pour se rendre à Paris. M. Desor continua à travailler aux ouvrages d'Agassiz

[1] Lettres à M. Silliman. American Journ., 1874, VII, 78.

après le départ de ce dernier pour l'Amérique. Il alla même y rejoindre ce savant, mais il revint plus tard en Europe et la polémique entre ces auteurs fut continuée publiquement. Nous n'entrerons pas dans le récit de ces stériles querelles auxquelles furent également mêlés les noms de de Charpentier, de Forbes, de Schimper et plus tard de M. Clark. Des brochures, des notes insérées dans divers ouvrages, et qui devinrent toujours plus amères, furent publiées de part et d'autre. On ne peut que regretter que des questions personnelles soient si vite venues se mêler à l'heureux essor scientifique de cette époque.

Agassiz passa l'hiver de 1845 à 1846 à Paris. Les vastes collections publiques et particulières de cette capitale furent mises généreusement à sa disposition et lui permirent de compléter avec le précieux concours de M. Desor ses recherches sur les Échinodermes. Celles d'Alcide d'Orbigny, de Deshayes, de Michelin, de Graves, d'Alexandre Brongniart, de de Verneuil furent tour à tour examinées. La galerie du Museum où se trouvent les oursins lui fut réservée et fut fermée au public; on y apportait successivement toutes les caisses et les barils dans lesquels se trouvaient des Échinides. Des matériaux considérables provenant de diverses missions scientifiques de Baudin, de Freycinet, du capitaine Duperré passèrent ainsi entre ses mains. Tous ces documents furent utilisés pour la publication du *Catalogue raisonné.* D'après la classification adoptée, les Échinodermes sont subdivisés en trois ordres : les Stellérides qui comprennent les Astérides, les Ophiures et les Crinoïdes, animaux rayonnés, tantôt libres, tantôt fixes, et dont le corps est muni de rayons; les Échinides ou oursins, dont le corps est glo-

buleux et entouré de plaques régulières, et les Holothurides dont le corps est coriace et allongé. Il répartit les Échinides en quatre familles, Cidarides, Clypéastroïdes, Cassidulides et Spatangoïdes. Comme dans ses travaux précédents, il déduit de la structure de ces êtres et de leur apparition successive, des conséquences importantes pour l'histoire générale de la création.

Il cherchait, en même temps, à propager la théorie glaciaire, qui rencontrait encore, dans les rangs de la science française, une vive opposition; mais il ne la développa guère que dans des conversations particulières. Ce sujet laissait froid le public scientifique qui connaissait peu les montagnes, et les chefs de la science soutenaient alors des idées contraires.

Cette même année, Agassiz, dont la réputation s'étendait déjà au loin, fut appelé à Boston, en Amérique, par M. Lowell, directeur du *Lowell-Institut*, pour y donner des conférences. Il était aussi, grâce à la protection de Humboldt, chargé par le roi de Prusse, d'une mission scientifique dans ce pays. Il se rendit en Angleterre dans l'été de 1846, et s'embarqua pour Boston au mois de septembre.

III

Arrivé en Amérique, il y était devancé par sa réputation, et il ne manqua pas de soutien et d'appui dans ce pays où les grandes idées trouvent si facilement un public enthousiaste et de généreux protecteurs. La première des conférences qu'il fit à Boston fut répétée huit fois devant un public toujours nouveau et toujours avide de l'entendre. Le succès des conférences suivantes répon-

dit à celui du début. D'emblée, le savant naturaliste avait conquis la popularité. Il était entouré, fêté, choyé, charmé surtout du zèle qui se développait de tous côtés pour l'histoire naturelle. Les premiers temps de son séjour se passèrent à donner des conférences et des cours. L'embryologie [1] et les glaciers furent les sujets qu'il traita le plus fréquemment.

Après ses débuts à Boston, il professa successivement à New-York, Albany, New-Haven et Charleston, où il passa l'hiver de 1847 à 1848. En même temps, il pensait à profiter pour lui-même des ressources qui l'entouraient, et il se mettait immédiatement à réunir des collections. Tout était nouveau pour lui, et il n'avait qu'à tendre la main pour recueillir. Un généreux Américain, M. Abbott Lawrence, pénétré de l'utilité qu'il y aurait pour son pays à y retenir un homme de cette valeur, lui offrit en 1847 de créer une place de professeur de zoologie et de géologie au Harward College, à Cambridge. Agassiz, arrivé aux États-Unis avec des préventions très favorables et dont les espérances avaient été encore dépassées par l'accueil qui lui avait été fait, n'hésita pas à s'y fixer. Il comprit que sa réputation lui donnerait promptement une puissance et des moyens d'action dont il ne pourrait jamais disposer en Europe. Avec un établissement dans ce pays, cesseraient les rivalités, les soucis de toutes sortes auxquels il était en proie à Neuchâtel. Il pourrait consacrer à la science son temps et ses forces sans être obligé, faute d'argent, de retarder ou de restreindre ses publications. Il abandonna donc, sans grands regrets, le modeste théâtre où il avait d'abord brillé et il commença là une carrière toute nou-

[1] Twelve lectures on embryology, Boston, 1849.

velle dans laquelle il devait trouver des ressources encore plus grandes que celles dont il poursuivait le rêve.

Il prit possession, à son retour de Charleston, de la chaire d'histoire naturelle qui lui était offerte. Sa demeure était à Cambridge, dans Oxfordstreet. M. le comte Frank de Pourtalès, MM. Desor, Marcou, Guyot, Lesquereux et son dessinateur Burckhardt qui, depuis le séjour à Munich, avait toujours travaillé pour lui, vinrent le rejoindre. Plusieurs de ces naturalistes vécurent quelque temps chez lui. Il les reçut libéralement et les aida de son influence et de sa bourse, mieux garnie alors qu'elle ne l'était à Neuchâtel. Bientôt il vit aussi arriver son fils Alexandre, dont la vocation pour l'histoire naturelle fut pour lui une grande joie. Il passa les quatre premiers mois de l'année 1849 à Philadelphie où il donna des cours, et dans l'hiver de 1849 à 1850, il épousa miss Élisabeth Cary, de Boston, personne d'une haute distinction, qui devint la compagne inséparable de ses voyages et de ses travaux.

L'exploration de l'Amérique lui offrait en effet un champ immense, et il consacra à cette œuvre une partie importante de son temps. En 1848, il dirigea une expédition scientifique au Lac Supérieur. 17 personnes partirent pour cette exploration, dans une contrée dont la géographie et l'histoire naturelle étaient encore fort peu connues. La zoologie, la botanique, les caractères généraux du pays et des populations indigènes, l'influence même des progrès de la civilisation sur l'aspect du pays, sur les caractères de sa faune et de sa flore, tout fut remarqué, noté, discuté et vivement saisi par le coup d'œil magistral du chef de l'expédition [1].

[1] Louis Agassiz, Lake superior, its physical character, vegetation and animals compared with those of other and similar regions, 1850.

Le récit du voyage fut fait par M. Cabot; les coquilles, les insectes, les oiseaux recueillis furent étudiés par divers collaborateurs. Agassiz voua une attention spéciale aux caractères généraux de la végétation qu'il put comparer à celle du Jura et des Alpes, aux poissons dont l'étude, partout où il voyageait, le captivait spécialement, à quelques reptiles nouveaux, enfin au phénomène erratique de cette région dont ses connaissances du terrain glaciaire de l'Europe lui permirent de constater la remarquable extension [1].

Les Américains ont consacré depuis longtemps à l'étude des côtes de leur continent une attention particulière. La section de l'administration de la marine qui s'occupe de cet objet et qui se nomme *United States Coast Survey*, est aujourd'hui connue dans le monde entier par les magnifiques travaux qu'elle a exécutés. Elle a joint, en effet, à la connaissance géographique du littoral, l'étude scientifique de cette région, et elle a fait pour cela des sacrifices considérables. Agassiz s'intéressa dès l'abord à ce genre de recherches. En 1850, il fut chargé par M. Bache, directeur du *Survey*, d'étudier les récifs de coraux de la Floride. Il examina sur place le développement de ces polypes, qui ont créé autour de cette presqu'île quatre bancs concentriques, dont la formation a été successive; d'après le mode de croissance de ces animaux, il put calculer, en restant au-dessous de la vérité, que ces récifs avaient mis au moins 30000 ans à se former. Le récif extérieur, en voie de développement, est constitué par des coraux vivants; ils appartiennent à des types divers, dont chacun est limité à un certain niveau qu'il ne peut dépasser. Les plus profonds sont les astrées, au-

[1] Voyez *Archives*, 1851, XVI, p. 5.

dessus les méandrines, à la surface les madrépores qui descendent à peine à deux ou trois mètres au-dessous du niveau de la mer, et qui recouvrent de vastes espaces de leur admirable végétation. D'autres animaux viennent se fixer au milieu de ces branches. La mer brise ces coraux et en rejette les débris sur le récif, dont le sol s'élève peu à peu et finit par sortir de l'eau ; les vents y apportent des graines, les plantes s'y développent, et ainsi apparaît une île séparée par une petite lagune du continent, auquel elle sera bientôt reliée. La Floride tout entière a été ainsi créée successivement ; le temps employé pour la formation de cette presqu'île est, d'après Agassiz, de plus de 200000 ans.

En même temps qu'il entreprend et dirige ces expéditions, Agassiz songe à faire connaître les résultats de ses recherches et des travaux entrepris dans ses laboratoires. Les grandes collections qu'il amasse attirent son attention sur tous les embranchements du règne animal. Les vertébrés, les mollusques, les articulés, les radiaires, les rapports de ces embranchements entre eux, leur mode d'apparition et de développement, sont pour lui une source incessante d'observations nouvelles, publiées dans un grand nombre de notices et de mémoires.

En 1857, il lance dans le public le projet d'un recueil qui devait porter le titre de *Contributions to the natural history of the United States.* La popularité du professeur était alors si grande qu'il trouva de suite plus de 2500 souscripteurs. Quatre volumes de cet ouvrage

ont paru successivement[1]. La première monographie comprend une étude complète des Chéloniens, leur anatomie, leur distribution dans le monde actuel et dans l'histoire géologique, la description des genres et des espèces américaines et l'embryologie de la tortue. La seconde, à laquelle M. Clark prêta une active collaboration, est celle des Acalèphes qui forment avec les Polypes et les Échinodermes l'embranchement des Radiaires; ils se divisent en Cténophores, Discophores et Siphonophores. M. Sonrel fut l'auteur des magnifiques planches qui accompagnent ces deux ouvrages. Un résumé complet des idées et des principes d'Agassiz relativement à la classification du règne animal, sert d'introduction à ces monographies.

« En commençant ce livre, dit-il, j'ai tout d'abord déclaré qu'on me semble donner à la classification une base trop étroite en la fondant sur la considération presque exclusive de la structure. Le mode de développement des animaux, leur rang dans leurs classes respectives, l'ordre dans lequel ils ont fait leur apparition sur la terre, leur distribution géographique et, en général, leurs rapports avec le monde ambiant, enchaînent, aussi étroitement que l'anatomie, ces êtres les uns aux autres. Toutes ces relations doivent donc se trouver exprimées dans une classification naturelle. Si la structure fournit, en effet, l'indication la plus directe de plusieurs d'entre elles, il ne faut

[1] I. Essay on Classification. North American Testudinata, 1857. II. Embryology of the Tortle. III et IV. Acalephs in general. Ctenophoræ. Discophoræ. Hydroidæ. Homologies of the radiata 1860-1862. Le premier de ces mémoires fut traduit en français en 1869 par M. Vögeli sous le titre : De l'espèce et de la classification en zoologie.

pas pour cela négliger les autres; elles peuvent compléter notre intelligence du plan général de la création[1]. »

Déjà, lors de ses recherches sur les poissons fossiles, Agassiz avait entrevu l'importance de l'embryologie à ce point de vue. Il avait exposé, pour la première fois, la théorie que les animaux de notre époque, dans l'état embryonnaire, ressemblent aux anciens représentants du même type qui ont vécu aux âges géologiques antérieurs.

La classification, basée sur ces considérations, ne sera plus un système inventé par tel ou tel naturaliste, mais découlera strictement des faits observés dans la nature. On constate, par exemple, qu'un insecte, aux divers degrés de son développement, ressemble successivement aux types des diverses classes de l'embranchement des Articulés, et qu'il ne revêt les caractères de l'insecte parfait qu'après l'achèvement de ses métamorphoses. « Dès lors, voilà une échelle simple et naturelle d'après laquelle nous pouvons mesurer le rang de ces animaux entre eux. A moins de supposer dans le développement de l'animal un mouvement rétrograde, nous devons croire que l'insecte est supérieur, et notre classification est, sur ce point, dictée par la nature elle-même[2]. »

L'étude de ces changements nous montre « que les phases du développement embryogénique correspondent, chez tous les animaux vivants, à l'ordre de succession des êtres qui furent leurs représentants aux époques géologiques écoulées. Aussi loin qu'on aille, les représentants primitifs de chaque classe peuvent être regardés comme les types embryonnaires de leurs familles ou de leurs or-

[1] De l'espèce, p. 219.
[2] Voyage au Brésil, p. 20.

dres respectifs existant de nos jours[1]. » La classe des Échinodermes en fournit un exemple remarquable. C'est ainsi que les phases embryonnaires de la Comatule européenne correspondent aux principales formes de Crinoïdes qui caractérisent les formations géologiques successives, Cistoïdes des roches paléozoïques, Platycrinoïdes de la période carbonifère, Pentacrinoïdes du lias et de l'oolite. Des faits analogues se retrouvent dans les familles des Astéroïdes et des Échinoïdes. Les Trilobites sont le type embryonnaire des Entomostracés ; les Décapodes de l'oolite, celui de nos crabes, les Ganoïdes hétérocerques, celui des Lépidostés.

A côté de ces types embryonnaires, Agassiz reconnaît des types prophétiques : « Tandis que les premiers ne représentent que des particularités de développement des êtres qui devront plus tard exprimer les degrés supérieurs du même type général, les seconds sont la représentation anticipée des combinaisons structurales qui plus tard s'observeront dans deux ou plusieurs types distincts. » Un des exemples les plus nets qu'il en cite,est celui des poissons sauroïdes. Ces animaux « dont l'apparition a précédé celle des reptiles, réunissent les caractères propres au poisson et ceux propres au reptile, par une combinaison spéciale qu'on n'observe plus chez les êtres appartenant véritablement à la classe des poissons, telle qu'elle est constituée de nos jours[2]. »

La succession des êtres organisés dans la série des temps doit aussi servir de principe de classification. Ainsi, en rangeant, comme le font plusieurs botanistes, les Gymnospermes parmi les Dicotylédonées, on ne trouve au-

[1] De l'espèce, p. 181.
[2] De l'espèce, p. 183.

cun rapport entre la série hiérarchique des plantes vivantes et leur mode d'apparition. Si on fait des Gymnospermes un groupe à part, intermédiaire entre les Cryptogames et les Angiospermes, classification qui répond à leurs principaux caractères[1], nous trouvons immédiatement une corrélation intime entre la série hiérarchique de ces plantes qui commence par les Cryptogames et se continue par les Gymnospermes, les Monocotylédonées et Dicotylédonées, et leur apparition successive.

« J'avoue que cette question de la nature et du fondement de nos classifications scientifiques a, à mes yeux, dit Agassiz, une suprême importance, une importance de beaucoup supérieure à celle que l'on y attache ordinairement. S'il est une fois prouvé que l'homme n'a pas inventé, mais seulement reproduit cet arrangement systématique de la nature, que ces rapports, ces proportions existant dans toutes les parties du monde organique, ont leur lien intellectuel et idéal dans l'esprit du Créateur; que ce plan de création, devant lequel s'abîme notre sagesse la plus haute, n'est pas issu de l'action nécessaire des lois physiques, mais a, au contraire, été librement conçu par l'Intelligence toute-puissante, et mûri dans sa pensée avant d'être manifesté sous des formes extérieures tangibles; si, enfin, il est démontré que la préméditation a précédé l'acte de la création, nous en aurons fini, une fois pour toutes, avec les théories désolantes qui nous renvoient aux lois de la matière pour avoir l'explication de toutes les merveilles de l'univers, et, bannissant Dieu, nous laissent en présence de l'action monotone, invariable, de

[1] C'est la classification adoptée par M. Sachs dans son récent Traité de botanique (traduit par Van Tieghem, p. 567).

forces physiques, assujettissant toutes choses à une inévitable destinée[1]. »

« Pour moi, il me paraît incontestable que cet ordre, cet arrangement, fruit de nos études, sont basés sur les rapports naturels, sur les relations primitives de la vie animale ; que ces systèmes, désignés par nous sous les noms des grands maîtres de la science qui, les premiers, les proposèrent, ne sont, en vérité, que la traduction dans la langue de l'homme des pensées du Créateur. Si vraiment il en est ainsi, cette faculté qu'a l'intelligence humaine de s'adapter aux faits de la création, et en vertu de laquelle elle parvient instinctivement, sans en avoir conscience, je le répète, à interpréter les pensées de Dieu, n'est-elle pas la preuve la plus concluante de notre affinité avec le divin Esprit ? Ce rapport spirituel et intellectuel avec la Toute-puissance ne doit-il pas nous faire profondément réfléchir ? S'il y a quelque vérité dans la croyance que l'homme a été fait à l'image de Dieu, rien n'est plus opportun pour le philosophe que de s'efforcer, par l'étude des opérations de son propre esprit, de se rapprocher des œuvres de la Raison divine ! Qu'il apprenne, en pénétrant la nature de sa propre intelligence, à mieux comprendre l'intelligence infinie dont la sienne n'est qu'une émanation[2]. » J'ai tenu à faire cette longue citation qui montre nettement le point de vue supérieur, philosophique et religieux, auquel Agassiz envisageait l'histoire de la création.

On a vu par les exemples cités quelle importance il attribuait à la paléontologie. Il s'attache à montrer que dès les périodes géologiques anciennes, le nombre et la

[1] De l'espèce, p. 9.
[2] De l'espèce, p. 8.

diversité des êtres animés étaient aussi considérables qu'ils le sont aujourd'hui. Certaines roches stratifiées sont entièrement formées de débris d'êtres organisés. Les récifs de coraux des périodes tertiaires, secondaires ou même primaires ne le cédaient en rien aux récifs actuels. Les bancs de houille de la période carbonifère témoignent d'une végétation encore plus riche que notre flore tropicale [1]. Ces myriades d'êtres disparus sont, pour lui, la manifestation de la pensée divine, qui a réglé leur mode d'apparition et de succession. « Il y a eu à divers intervalles, pendant les époques géologiques successives, des périodes de création, toutes les espèces d'animaux et de plantes créées à chaque période ayant duré un temps donné, pour être ensuite remplacées successivement par d'autres. » La création actuelle est pour lui une de ces phases dans lesquelles tous les animaux ont apparu simultanément [2].

Agassiz est toujours resté fidèle à cette théorie qui comptait beaucoup d'adeptes au moment où il l'exposait. La science a fait cependant de grands pas depuis cette époque. Les progrès de la paléontologie auxquels il a, il est juste de le dire, grandement contribué, ceux de la géographie zoologique et botanique démontrent avec la dernière évidence que le monde animé qui peuple la surface du globe n'est pas sorti de toutes pièces et simultanément des mains de la Providence, qu'au milieu de types nouveaux, il existe en grand nombre des rejetons de groupes dont le grand développement s'est fait dans les époques géologiques antérieures, tandis que d'autres

[1] Americ. Journ. of Sc. and Arts, 1854, XVII. — Archives, 1855, XXX, p. 27.

[2] Christian Examiner and relig. miscellany, janv. 1851.

types acquièrent aujourd'hui une force et une extension qu'ils n'ont jamais acquises auparavant, mais que faisait prévoir leur accroissement successif dans les dernières époques géologiques. Les fougères actuelles ne sont que le représentant fort amoindri de ce grand groupe des cryptogames qui, à l'époque houillère, revêtait le monde entier de sa colossale végétation et qui, depuis lors, a toujours été en diminuant. Le voyageur qui rencontre, isolé dans les montagnes de la Chine, le singulier conifère nommé le *Ginko biloba*, n'hésitera pas à considérer ce type, unique dans la création actuelle, comme le dernier descendant des Ginko qui, à l'époque secondaire, recouvraient d'un grand nombre d'espèces tout l'ancien continent. Le zoologiste qui pêche dans les fleuves de l'Australie le *Lepidosteus osseus*, dernier représentant non-seulement d'un genre, mais d'un ordre entièr de poissons, celui des Ganoïdes, ne pourra hésiter à reconnaître dans ce type un reste d'une race qui s'éteint. Les Marsupiaux du même pays, les Édentés de l'Amérique du Sud et cent autres exemples nous fournissent aujourd'hui la preuve que le monde actuel n'est que la continuation régulière, normale des périodes antérieures.

Malgré ces faits qui étaient le sujet constant des méditations d'Agassiz, malgré les théories embryologiques dont il était l'auteur et qui auraient dû, semble-t-il, l'amener nécessairement à l'idée de l'évolution, il est toujours resté un partisan absolu de l'hypothèse des créations successives, et il peut être regardé comme le chef de l'opposition à la théorie du transformisme.

Le fait que les types les plus distincts existent simultanément dans des circonstances identiques, et qu'on retrouve des types identiques dans les circonstances les

plus différentes, l'ensemble tout entier du développement du règne animal, son harmonie dans ses parties les plus diverses, sa distribution actuelle et passée sur les continents et dans les mers lui fournissent sans cesse de nouveaux arguments pour combattre cette théorie et pour défendre celle de l'individualité et de la fixité de l'espèce.

S'il est évident que les faunes et les flores se sont renouvelées un grand nombre de fois à la surface du globe, il n'a jamais été prouvé, d'après lui, que les espèces aient changé pendant l'une de ces périodes. Les observations que nous pouvons faire sur le temps où nous vivons, indiquent qu'elles restent invariables pendant chaque époque. C'est ce que démontrent les plantes et les animaux recueillis dans les tombeaux de l'Égypte et la faune des récifs de coraux de la Floride. Des découvertes journalières contredisent formellement l'opinion que les êtres inférieurs ont d'abord apparu sur la terre, et qu'il s'est montré ensuite des types de plus en plus élevés jusqu'à l'apparition de l'homme. Au contraire, des représentants de nombreuses familles des quatre grands embranchements du règne animal, Rayonnés, Mollusques, Articulés et Vertébrés, ont vécu simultanément dès les périodes les plus anciennes ; les vertébrés seuls n'ont pas encore été reconnus dans les premiers dépôts, mais ils ont apparu en nombre immense avant la fin de la première époque. Ces embranchements, qui manifestent dans leur structure une indépendance complète, ont traversé parallèlement toute la série des âges géologiques jusqu'aux temps actuels. Les trois premiers sont même représentés dès l'origine par des types nombreux de leurs diverses classes, et les caractères des embranchements, des classes, des familles, ont toujours été aussi tranchés

qu'aujourd'hui. « Jusqu'à ce qu'on ait montré que les faits de la nature ont été mal interprétés par ceux qui les ont réunis, et qu'ils ont un sens différent de celui qu'on leur attribue généralement, je considérerai donc, dit Agassiz, la théorie de la transmutation comme une erreur scientifique, trompeuse dans ses faits, non scientifique dans sa méthode, et nuisible dans sa tendance[1]. »

Agassiz préférait beaucoup aux recherches théoriques l'observation directe de la nature, et il trouva plus qu'aucun autre naturaliste l'occasion de se livrer à cette étude par ses voyages et par les matériaux immenses qu'il accumulait peu à peu. Dans un pays aussi riche, aussi varié de climats et de régions, et encore aussi nouveau, ses collections prenaient une extension de plus en plus grande; il les avait vendues en 1852 pour 12,000 dollars au Harward College. Un bâtiment que l'on avait construit pour les recevoir étant devenu trop petit, l'université de Cambridge, aidée d'une souscription publique et de l'État de Massassuchets, fit élever la première aile d'un grand édifice qui devait porter le nom de Musée de zoologie comparée. M. Fr. C. Gray légua 50,000 dollars pour fonder cet établissement. La première pierre en fut posée le 14 juin 1859 et, en décembre de la même année, la construction était assez avancée pour qu'on pût commencer à y installer les collections.

Dès lors, Agassiz n'eut plus qu'un but, l'accroissement et l'organisation de ce musée. « Ce qu'il déploya d'activité, de recherches, de diplomatie, de ressources, nous écrit un de ses amis qui l'a vu à l'œuvre, est quelque

[1] On the Origin of species, Americ. Journ. of Sc. and Arts, 1860, XXX, p. 15.

chose de prodigieux. Rien ne lui coûtait, lorsqu'il s'agissait de son musée, démarches de toutes espèces, conférences publiques, promesses ; il mettait à contribution tous ses amis et connaissances, il ne parlait que de ce musée, et ne voyant plus que lui ; c'était devenu pour lui une idée fixe. »

Les dons en nature et en argent affluèrent dès lors de tous côtés. L'État et les particuliers rivalisèrent de générosité pour cette grande œuvre dont Agassiz avait su faire une œuvre nationale, et en peu d'années les subsides pécuniaires atteignirent la somme de 470,000 dollars. Dans l'année 1872 à 1873 seulement, le musée recevait, outre ses subventions annuelles, des dons pour la somme d'environ 170,000 dollars.

La supériorité que donnaient à Agassiz son vaste savoir. son amabilité, sa bienveillance, sa gaieté communicative, son enthousiasme pour tout ce qui avait trait à la science, joint à son désintéressement personnel, lui avait créé partout des amis qui contribuaient au développement de son musée. Personne n'en eut jamais autant. Sa parole entraînante et qui s'élevait souvent, même en anglais, à une véritable éloquence, captivait ceux qui l'entouraient et gagnait les foules qu'il aimait à enseigner. Il était en rapport avec tous les capitaines de vaisseaux qui récoltaient pour lui des collections dans leurs lointaines expéditions. Lorsqu'il était en voyage, tout le monde se mettait à sa disposition, et plus d'une fois on put voir des habitants de contrées éloignées faire des trajets considérables pour lui procurer des animaux rares, seulement pour le plaisir de voir sa joie, son étonnement, sa reconnaissance qu'il exprimait de la manière la plus sincère.

Toutes les régions de l'Amérique furent exploitées.

L'empereur du Brésil, dont l'intérêt pour les sciences ne s'est jamais démenti, lui envoya de riches collections. Les sondages faits le long des côtes de l'Amérique par l'*U. S. Coast Survey,* sous la direction de M. de Pourtalès, et surtout le voyage dans la vallée de l'Amazone et l'expédition du Hassler augmentèrent démesurément ces richesses zoologiques. En 1863, c'est-à-dire avant l'expédition au Brésil, le musée renfermait déjà 6000 espèces de poissons, représentées par 100000 échantillons. Il n'est pas, du reste, comme la plupart des collections d'histoire naturelle, un amas de matériaux disposés dans un ordre purement zoologique. L'organisation en est basée sur les principes de classification que nous avons exposés; on y trouve plusieurs séries distinctes. Dans la première, les animaux sont classés de manière à ce qu'on puisse y étudier leurs associations naturelles, les rapports zoologiques, les caractères généraux des genres et des classes, les squelettes et les autres particularités anatomiques. Une seconde série représente les faunes de chaque région, la distribution géographique des êtres à la surface du globe et leurs diverses associations sur chaque continent. Les animaux fossiles sont disposés de manière à ce qu'on puisse se rendre compte à la fois de leur ordre de succession aux diverses époques et de leurs relations avec les animaux actuels. Ce plan est complété par une troisième série consacrée à l'étude des diverses phases du développement des êtres de l'état embryonnaire à l'état adulte. Ce musée est donc destiné à être un exposé de l'histoire de la création aussi complet que le permet l'état actuel de nos connaissances. Son organisation absorba de plus en plus le temps et l'activité d'Agas-

siz. Aucun établissement scientifique ne prit jamais un pareil essor[1].

Bien qu'il fût de création très récente, il s'accrut si rapidement qu'en 1872, dans son dernier rapport sur la marche de cet établissement, Agassiz pouvait dire qu'il était « en possession des plus belles collections du monde, sans en excepter les plus anciens et les plus grands musées de l'Europe. » Ce qui en augmentait encore la valeur, c'étaient les travaux de zoologie et de paléontologie auxquels ces collections donnaient lieu. Des naturalistes d'une grande distinction, M. Alexandre Agassiz, nos compatriotes MM. Alexandre de Pourtalès, Lesquereux, et des savants américains MM. Lyman, Hyatt, etc., décrivaient ces richesses dans des ouvrages, accompagnés de magnifiques planches[2].

Un voyage qu'Agassiz fit en Europe en 1859 vint faire trêve pour quelque temps à ses incessantes occupations. Il n'était point oublié sur le vieux continent, témoin de ses premiers succès. Les offres les plus brillantes lui furent faites à plusieurs reprises pour l'y ramener; mais il avait en Amérique trop de ressources de toute espèce pour pouvoir ou désirer abandonner son pays d'adoption; il n'avait pas d'autre ambition que l'ambition scientifique; il resta toujours fidèle à la direc-

[1] On trouvera des détails sur la création et le développement de ce musée dans les rapports annuels, *Annual Report of the trustees of the Mus. of Comp. Zool.*, ainsi que dans *An account of the organisation and progress of the Mus. of Comp. Zool.*, 1873.

[2] *Illustrated Catalogue of the Museum of Comparative Zoology.* Nous ne pouvons citer ici ces nombreux travaux. Un des plus remarquables a été publié par M. A. Agassiz. *Revision of the Echini.*

tion de son musée. Il avait été, d'ailleurs, naturalisé Américain en 1862.

Les nombreux travaux qu'il dirigeait ne laissèrent pas de compromettre sa robuste santé. Dans le courant de l'hiver 1864 à 1865, les médecins lui ordonnèrent un repos absolu et un changement de climat. Mais ce repos devait être aussi profitable à la science que la continuation des travaux qu'il avait entrepris. Après quelque hésitation, ce fut le Brésil qui fut choisi comme but de son voyage. Dès longtemps il se sentait attiré vers ce pays, sur lequel ses premières recherches zoologiques avaient déjà fixé son attention. « J'étais poussé vers le Brésil par un désir de presque toute ma vie, écrit-il. A l'âge de vingt ans, quand je n'étais encore qu'un étudiant, Spix étant mort, j'avais été chargé par Martius de décrire les poissons recueillis au Brésil par ces deux célèbres naturalistes voyageurs. Depuis lors, la pensée d'aller étudier cette faune dans le pays même m'était bien des fois revenue à l'esprit; c'était un projet sans cesse ajourné, faute d'une occasion opportune, mais jamais abandonné[1]. »

Pour que ce voyage fût d'une utilité sérieuse, pour ne pas revenir aux États-Unis « riche de souvenirs agréables, mais sans un seul résultat scientifique, » il fallait des ressources plus considérables que celles dont il pouvait disposer personnellement. Ici, comme dans bien d'autres circonstances de sa vie, elles se présentèrent d'elles-mêmes. Un riche Américain, M. Nathanael Thayer, lui offrit de subvenir aux frais de l'expédition en l'autorisant à emmener avec lui six naturalistes; l'empereur du Brésil, le ministre de la marine aux États-Unis, le président de la *Pacific Mail Steamship Company*, contribuèrent chacun

[1] Voyage au Brésil. Préface, p. VII.

dans une large mesure au succès de cette expédition qui rallia encore autour d'elle quelques naturalistes volontaires distingués. Le 1er avril 1865, Agassiz s'embarquait emmenant avec lui Madame Agassiz qui rédigea le journal; son mari lui communiquait à mesure les résultats scientifiques, et ainsi se composa le livre connu sous le nom de « Voyage au Brésil[1]. » Nous renvoyons à ce volume les lecteurs qui désireraient suivre sur les bords de l'Amazone les savants américains et explorer avec eux le vaste bassin dont ils entreprenaient l'étude.

Les résultats de cette expédition furent moins considérables qu'on aurait pu s'y attendre; du moins, ils sont encore imparfaitement connus. Sans doute, Agassiz recueillit dans ce voyage d'immenses collections. Elles ont déjà été en partie étudiées et décrites, et elles donneront encore lieu à des travaux qui nous feront mieux connaître la faune de cette région si extraordinaire. Il a observé aussi beaucoup de faits d'histoire naturelle générale, et le récit de son voyage nous montre le talent avec lequel il notait toutes les particularités qui s'offraient à lui, sur les caractères zoologiques des animaux qu'il découvrait, sur les faunes ichtyologiques de l'Amazone, sur la distribution géographique des animaux terrestres et aquatiques, sur les caractères physiques et géologiques de la grande vallée qu'il parcourait.

Un des points qui fixa le plus son attention et sur lequel il revient constamment dans le récit du voyage, est la nature et la répartition du *Drift* de cette région.

[1] A Journey on Brazil, 1868. Voyage au Brésil, traduit de l'anglais par F. Vögeli, 1869. — Voyez aussi Hartt, Scientific results of a journey in Brazil by L. Agassiz and his travelling companions. Geology and physical Geography of Brazil, 1870.

Ce dépôt, dont l'épaisseur est très considérable et l'étendue immense, car il l'évalue à plusieurs milliers de kilomètres de longueur et à plus de onze cents de largeur, ne peut avoir été formé par la mer, puisqu'on n'y trouve aucune trace de coquilles marines; c'est donc un dépôt d'eau douce; pour qu'un lac pût occuper ce vaste espace, le bassin devait être clos; autrement ces matériaux de transport auraient été constamment charriés à la mer. Agassiz demande l'explication de ce phénomène à l'ancienne extension des glaciers. Un immense glacier, descendant des Cordillères, augmenté de tributaires de la Guyane et du Brésil, a, d'après lui, recouvert la vallée amazonienne. Il a accumulé à son bord inférieur une moraine de dimensions colossales, formant ainsi une digue gigantesque qui barrait l'embouchure du bassin.

Il est vrai qu'on ne trouve pas de surfaces polies et striées; les roches sont trop friables pour en avoir conservé les traces; mais les roches moutonnées qu'Agassiz a observées dans quelques localités, les blocs de l'Éreré, la nature du dépôt de la vallée, dont le caractère est analogue à celui des matériaux accumulés sous les glaciers, la ressemblance de la formation supérieure de cette contrée avec le *Drift* de Rio, dont l'origine glaciaire lui semble hors de doute, le fait que le bassin d'eau douce doit avoir été fermé du côté de l'Océan par une puissante barrière, lui paraissent des arguments suffisants pour établir l'existence de cette époque glaciaire. Plus tard, une rupture se fit dans la digue extérieure; le lac s'écoula; la moraine battue par la mer, entraînée par les eaux courantes, disparut, de même que le sol sur lequel elle se trouvait a aussi en grande partie disparu; car la violence et la rapidité avec laquelle la mer ronge les côtes de cette région,

est extrême et elle les a déjà emportées sur des centaines de kilomètres de largeur [1].

Telle est, en quelques mots, la théorie d'Agassiz sur les anciens glaciers du Brésil. Ce n'est pas ici la place de la discuter; elle fut vivement attaquée de divers côtés et elle ne compte plus guère de défenseurs.

Dans ses dernières années, Agassiz, surchargé d'occupations, avait abandonné les recherches spéciales; l'organisation de son musée, ses cours publics, ses vastes relations, son immense correspondance, dépassaient déjà ses forces et sa santé s'affaiblissait peu à peu. En 1869, il tomba gravement malade. A peine rétabli, il se remit à ses travaux. Il accompagna le comte de Pourtalès dans une des expéditions que ce savant zoologiste faisait depuis l'année 1867 pour l'étude du relief sous-marin, des courants et de la faune marine des côtes de l'Amérique. Ces explorations dans lesquelles chaque coup de sonde donnait lieu, pour ainsi dire, à une découverte, le captivaient extrêmement, et il pensa bientôt à étendre ce genre de recherches. En 1871 il prit part à un voyage organisé par le gouvernement des États-Unis pour l'exploration des côtes de l'Amérique, l'étude du gulf-stream, des températures de la mer et des animaux marins. Il s'embarqua sur le Hassler, et visita avec ce batiment la mer des Antilles et les côtes de l'Amérique jusqu'à San-Francisco, en doublant le Cap Horn. Une lettre qu'il écrivit avant de partir à M. Peirce et dans laquelle il exposait les résultats qu'il pensait obtenir, éveilla sur cette expédition l'attention de tout le monde savant. Il espérait retrouver vivants au fond des mers un grand nombre des types dont nous ne connaissons encore que des représentants

[1] Voyage au Brésil, p. 415. Atlantic Monthly, 1866, p. 49, 159.

fossiles, et relier ainsi la création actuelle aux créations antérieures.

On fit d'abord des sondages à de grandes profondeurs, mais les appareils étaient en mauvais état, et, sur les côtes du Chili, on dut abandonner ce genre de recherches. Agassiz se rabattit sur les animaux côtiers et sur les poissons qui furent recueillis par milliers. Dans chaque port, le pont du batiment était couvert des animaux qu'apportaient les habitants. La faune singulière des îles Gallopagos fut récoltée avec le plus grand soin, et Agassiz put entre autres se procurer de nombreux échantillons de deux espèces de reptiles du genre *Amblyrynchus* dont la structure rappelle celle des animaux de l'époque secondaire. On peut se faire une idée des collections réunies dans ce voyage par le fait que la quantité d'alcool employée à conserver ces animaux fut de 16,000 litres. Il revint à Cambridge par le chemin de fer du Pacifique.

A peine de retour, il forma le projet de créer au bord de la mer un établissement pour des recherches zoologiques. Aussitôt l'idée conçue, un Américain, M. Anderson, lui donnait, en 1871, une petite île de la baie de Buzzard, l'île Pénikèse, et une somme considérable pour en faciliter l'organisation. L'illustre naturaliste profita immédiatement de ces ressources. Il construisit de vastes laboratoires pourvus d'aquariums et des autres installations nécessaires à ce genre de recherches. L'étage supérieur du bâtiment renfermait 58 chambres destinées au logement des naturalistes. Tout fut mis en œuvre pour hâter l'exécution des travaux. Ce surcroît de fatigues acheva de l'épuiser. Le 2 décembre 1872, il donna encore une séance publique au cercle d'agriculture de Massachussets; il retourna les jours suivants à son labora-

toire; il y fut pris le 6 décembre par une faiblesse qui le força à rentrer chez lui. Il se mit au lit pour ne plus se relever et expira le 14 décembre d'une paralysie des organes de la respiration.

L'Académie des sciences de Paris l'avait nommé quelques mois auparavant associé étranger.

« Dès longtemps, écrit un de ses meilleurs amis, le professeur Silliman, qui l'avait accueilli dès son arrivée en Amérique, nous redoutions ce triste événement. Depuis bien des années, la splendide constitution d'Agassiz laissait voir que ces prodigieux travaux dépassaient son élasticité. Sa force herculéenne qui ne lui avait jamais permis de ressentir de fatigue de corps ou d'esprit, cédait à l'influence pernicieuse du climat de l'Amérique et aux demandes toujours croissantes qui l'assaillaient de toutes parts. Son long voyage à San-Francisco sur le Hassler lui rendit ses forces; mais lui-même et ses amis ont reconnu qu'il ne pouvait plus travailler avec son ancienne activité. Cependant pour lui, la vie, c'était le travail, et son désir, de mourir sous le harnais plutôt que de vivre sans pouvoir encore être utile à l'humanité [1]. »

La mort du naturaliste dont on pouvait rendre ce noble témoignage fut un deuil national. Un cortége immense, auquel se joignirent des députations de plusieurs villes des États-Unis, accompagna Agassiz à sa dernière demeure. On y voyait le vice-président des États-Unis, les autorités de l'État de Massachussets, des délégués des Universités, des Académies et des sociétés savantes, ses nombreux élèves et collaborateurs.

Un bloc erratique, apporté de la moraine frontale du glacier de l'Aar, et sur lequel est gravé son nom, lui

[1] American Journ., 1874, p. 80.

sert de monument et rappelle à ceux qui le visitent sa première patrie et un des grands intérêts de sa vie [1].

Les prodigieuses capacités d'Agassiz, son talent exceptionnel d'observation, la facilité avec laquelle il se mettait au fait de toutes les questions et avec laquelle il abordait les sujets les plus divers, le grand mouvement intellectuel qu'il a développé partout où il a vécu, la valeur de ses propres recherches, ont fait de son nom l'un des plus grands de la science contemporaine. Il a été en but, soit de son vivant, soit surtout après sa mort, aux attaques les plus violentes, parfois même les plus grossières; la calomnie ne l'a point épargné. Toutefois, ce n'est pas à lui que ces procédés indignes de la science ont fait le plus de tort. Sans doute, plusieurs des idées qu'il a mises en circulation sont tombées, plusieurs de ses théories ont été abandonnées, mais les discussions auxquelles elles ont donné lieu ont été une source de progrès féconds. L'édifice des connaissances ne s'élève pas d'un seul coup, et c'est du choc des idées que jaillit la lumière. L'œuvre qu'il laisse dans le domaine de la zoologie et de la paléontologie est considérable. Il eut le double mérite d'accomplir lui-même de grands travaux et de savoir populariser la science sans en diminuer le prestige. Partout il sut se faire des amis

[1] L'inscription suivante, gravée sur une plaque de marbre, a été placée sur la cure du village de Motier :

J.-Louis Agassiz
célèbre naturaliste
est né dans cette maison
le 28 mai 1807.

et trouver des protecteurs. En Suisse, en Allemagne, en Angleterre, en Amérique, dans tous les pays où il fixa son existence, il groupa autour de lui le mouvement scientifique et il sut y intéresser le public. Son séjour à Neuchâtel créa dans cette ville un développement dont elle subit encore aujourd'hui la plus heureuse influence. Bien qu'il y eût déjà aux États-Unis, lorsqu'il y débarqua, une culture scientifique et des observateurs distingués, c'est à Agassiz en majeure partie qu'il faut rapporter la diffusion des sciences dans ce pays et le succès avec lequel elles y sont cultivées. Ce résultat n'est point dû au hasard, mais à la noble et légitime influence exercée par l'intelligence supérieure du savant et les qualités aimables de l'homme.

BULLETIN SCIENTIFIQUE.

ASTRONOMIE.

A. W. Wright. Examination of gases. Examen des gaz contenus dans diverses météorites. (*Am. Journ. of Sc.*, XII, 165.)

Les *Archives* ont analysé l'année dernière le premier mémoire de M. Wright sur les gaz renfermés dans des météorites [1]. Depuis lors, ce savant a étendu ses recherches à un plus grand nombre de ces corps et publié dans deux nouveaux mémoires les résultats auxquels elles l'ont conduit.

Voici le tableau de la composition et du volume des gaz extraits des aérolithes dont les noms suivent :

Fers météoriques	CO^2	CO	CH^4	H.	N.	Vol.	Aut^{rs}
Lenarto	4.46	0.00		85.68	9.86	2.85	Graham
Augusta C° Virg^a	9.75	38.33		35.83	6.09	3.17	Mallet
Tazewell C° Tenn.	14.40	41.23		42.66	1.71	3.17	Wright
ShingleSpringr.Cal.	13.64	12.47		68.81	5.08	0.97	»
Texas	8.59	14.62		76.79	0.00(?)	1.29	»
Dickson C°, Tenn.	13.30	15.30		71.40	0.00(?)	2.20	»
Arva	12.56	67.71		18.19	1.54	47.13	»
Météorites pierreuses							
Jowa C°	49.51	2.64		43.93	3.92	2.50	»
Guernesey C° Ohio	59.88	4.40	2.05	31.89	1.78	2.99	»
Pultusk	60.29	4.35	3.61	29.50	2.25	1.75	»
Parnallee	81.02	1.74	2.08	13.59	1.57	2.63	»
Weston	80.78	2.20	1.63	13.06	2.33	3.49	»
Kold Bokkewold	93.11	2.42	3.25	0.38?	0.84	25.23	»

M. Wright a examiné la météorite charbonneuse de Kold Bokkewold dans laquelle Harris a trouvé 1.67 p. c. de carbone et 0.25 de matières bitumineuses, avec des constituants minéraux différant à peine de ceux des autres météorites pierreuses. Sous l'action de la chaleur elle perd beaucoup d'eau (env. 10 p. cent) qu'il faut condenser avant de pouvoir expérimenter sur les gaz. Ces derniers ont la composition suivante :

[1] *Archives*, 1875, tome LIII, p. 169.
[2] *Am. Journ.* pour avril et septembre 1876.

	CO^2	CO.	CH^6	H.	N.	Vol.
300 à 350°	87.34.	5.08.	5.93.	tr?	1.65.	7.45
500°	95.53.	1.32.	2.14.	0.54 (?)	0.47.	17.78
Total	93.11.	2.42.	3.25.	0.38.	0.84.	25.23

Comme on le voit, le volume total de gaz chassé par la chaleur est plus de 25 fois celui de la pierre elle-même, ce qui est davantage que n'ont donné les autres échantillons, et, en même temps, la quantité d'hydrogène est très-inférieure.

L'auteur revient sur la théorie au moyen de laquelle il cherche à expliquer l'origine des comètes; nous allons donner en quelques mots ses dernières vues sur ce sujet. Les astronomes ont observé que si l'on arrange les astéroïdes en séries par rapport à leur distance du Soleil, on trouve des lacunes qui semblent indiquer l'absence de quelques-uns de ces corps planétaires. Il est probable que sous l'influence perturbatrice de Jupiter, leur orbite a été profondément modifiée jusqu'à prendre la forme de l'orbite d'une comète. Arrivés au périhélie, sous l'influence de la température élevée due au voisinage du Soleil, ces petites planètes se sont brisées en fragments plus ou moins gros qui continuent à se mouvoir en essaims pour être réduits en pièces plus petites à un nouveau retour au périhélie et semées tout le long de l'orbite. La chaleur dégage en même temps de toutes ces masses des gaz qui sous une influence électrique deviennent lumineux et se diffusent en forme de queue. Les surfaces de fracture étant périodiquement renouvelées comme on l'a dit plus haut, de nouvelles quantités de gaz seraient dégagées de manière à remplacer celles qui sont perdues dans l'espace, etc.[1]

M. D.

[1] Il est bien douteux que les astronomes acceptent cette théorie de la transformation des planètes télescopiques en comètes par l'intermédiaire de Jupiter; M. Wright semble oublier que les comètes se meuvent dans des plans aux inclinaisons les plus variées sur le plan de l'orbite de Jupiter et, aussi, que leur route quelquefois elliptique est très-souvent hyperbolique. Avant de songer à donner une théorie passable des astres chevelus, il convient d'attendre l'apparition d'une comète très-brillante comme celles de 1811 ou 1843, et voir ce que le spectroscope montrera. (M. D.)

ZOOLOGIE, ANATOMIE ET PALÉONTOLOGIE

PROF. O. C. MARSH. PRINCIPAL CHARACT. OF THE AM. PTERODACTYLS. PRINCIPAUX CARACTÈRES DES PTÉRODACTYLIENS D'AMÉRIQUE. (*Am. Journ. of Sc. and Arts* (3), XII, p. 479, sept. 1876.)

La note dont nous donnons l'extrait ci-dessous complète celle du même auteur que les *Archives* ont analysée dans le numéro d'août 1876.

Les ptérodactyliens d'Amérique ont tous été trouvés jusqu'à présent dans le crétacé supérieur du Kansas. Ils sont remarquables par leur grande taille, quelques-uns ayant une envergure de 25 pieds anglais. Ils diffèrent beaucoup de ceux d'Europe, en particulier par l'absence de dents, et, par conséquent, l'auteur en fait un ordre des Pteranodontiens dont le type est le genre *Pteranodon*. Dans ce genre le crâne est très-allongé; les orbites, les ouvertures antorbitales et nasales sont grandes; le maxillaire et le prémaxillaire sont soudés ensemble et sans dents. L'atlas et l'axis sont soudés. L'arche scapulaire présente certaines particularités qui ne se sont encore rencontrées chez aucun autre vertébré : l'omoplate, qui est complétement co-ossifiée avec l'os coracoïde, a à son extrémité distale une facette articulaire oblique. Cette articulation est séparée de la partie correspondante de l'autre omoplate par une plaque médiane mince qui est apparemment l'épine neurale d'une vertèbre dorsale; les deux omoplates s'arc-boutent ainsi l'une l'autre et aident par là à rendre le vol plus puissant. Le quatrième doigt est très-allongé et le métacarpe de l'aile est plus long que la moitié de l'avant-bras. Il y a cinq carpiens séparés outre le ptéroïde qui supportait la membrane; l'os ptéroide n'est pas un vrai carpien, mais il est peut-être l'homologue de l'os qui dans la chauve-souris supporte le *patagium*. Les trois premiers métacarpiens sont minces, pointus et n'atteignent pas le carpe; leur extrémité distale soutenait des ongles courbes et aigus. Dans quelques espèces la phalange distale du doigt de l'aile n'est pas droite mais falciforme. Le pelvis est de moyenne grandeur; les os iliaques sont allongés, l'acetabulum non perforé, les ischiaques larges et unis sur la ligne médiane.

Queue courte et mince, les dernières vertèbres quelquefois soudées. Membres postérieurs bien développés. Le tibia se termine en poulie; deux tarsiens presque égaux avec un petit os latéral qui peut être la fin du péroné; quatre métatarsiens presque de même longueur, phalanges unguéales pointues, non courbées. Il y a cinq espèces de Pteranodontes connues jusqu'à présent [1].

Genre *Nyctosaurus*, voisin des Pteranodontes, établi par M. Marsh pour des Ptérodactyles dont l'omoplate n'est pas soudée au coracoïde et ne présente pas d'articulation à l'extrémité distale. Ces animaux avaient 8 à 10 pieds d'envergure. L'espèce type est le *N. gracilis*. du crétacé supérieur du Kansas. M. D.

PROF. O. C. MARSH. NOTICE OF NERO TERTIARY MAMMALS. SUR DES MAMMIFÈRES TERTIAIRES NOUVEAUX. (*Am. Journ. of Sc. and Arts* (3), XII, p. 401.)

Comme nous l'avons déjà rappelé dans un article antérieur, les paléontologistes américains ont décrit un certain nombre de fossiles dont la structure du pied présente divers passages

[1] Il est impossible de décider, quant à présent, si les Pteranodontes n'étaient nullement représentés dans la faune crétacée d'Europe, car un trop grand nombre d'espèces, appartenant à cette dernière, ne sont connues que par des fragments très-imparfaits.

Quoi qu'il en soit, il ne me semble pas que les caractères des animaux décrits par M. Marsh justifient la création pour eux d'un nouvel ordre de reptiles. Ils n'ont certainement pas la valeur de ceux qui ont forcé à séparer les énaliosauriens des crocodiliens par exemple. En effet, la coossification de l'atlas et de l'axis a été observée chez les ptérodactyles vrais aussi bien que chez ceux du Kansas. L'union des coracoïdes avec les omoplates existe dans les Ramphorhynchus, quoique ces os soient distincts dans les autres genres de la famille. L'articulation des omoplates entre elles par l'intermédiaire d'une lame osseuse vertébrale, quoique singulière, ne peut avoir une valeur ordinale; la même remarque s'applique également à la soudure des intermaxillaires avec les maxillaires. Reste l'absence de dents; sans méconnaître la valeur de ce caractère, je ne crois pas qu'il ait chez les reptiles volants la même importance que pour d'autres classes ou ordres, c'est du moins ce qui me semble ressortir clairement du fait que certains ptérodactyliens ont toutes les dents semblables, d'autres en ont de deux sortes, d'autres enfin en sont privés à la partie antérieure de la mâchoire. Il serait plus conforme aux principes de la subordination des caractères de diviser l'ordre des ptérosauriens en deux familles: celle des ptérodactyliens et celle des ptéranodontiens.

M. Delafontaine.

du cheval aux animaux à cinq doigts. Ce sont l'*Hipparion* (3 doigts dont deux trop courts), l'*Anchitherium* (3 doigts tous usables), et l'*Orohippus* (4 doigts). Dans la note que nous analysons, M. Marsh fait connaître deux nouvelles formes, les *Eohippus validus* et *Eohip. pernix* qui avaient 4 doigts devant et 3 derrière, mais présentaient en outre un cinquième métatarsien rudimentaire et avaient peut-être un cinquième doigt également rudimentaire. Les restes de ces animaux se trouvent dans un horizon inférieur à celui (éocène inférieur) où l'on a découvert ceux de l'Orohippus.

Parahyus vagus, Marsh. Suillien très-voisin des Elotherium de Pomel et des Helohyus de Marsh, ayant seulement une prémolaire de moins. Animal à peu près de la taille d'un sanglier, quoique les mâchoires fussent plus courtes et plus fortes.

Dromocyon vorax. Carnassier de la taille d'un grand loup. La forme du crâne et les caractères généraux des mâchoires et des dents le rapprochent du Hyænodon. Il n'y avait probablement que quatre incisives inférieures. Les molaires inférieures étaient au nombre de sept dont la dernière petite. Au sommet du crâne se trouvait une énorme crête sagittale. Cerveau petit avec des circonvolutions. Mâchoire inférieure longue et mince, condyle bas. Le fémur a un petit troisième trochanter et l'astragale une facette pour l'articulation avec le cuboïde. Quatre doigts devant et quatre derrière.

Dryptodon crassus, Marsh. Ce mammifère appartient à ce groupe remarquable de *Tillodontia* dont les *Archives* ont déjà fait connaître les principaux caractères [1]. Il est voisin des Stylinodon.

Taille du tapir; mâchoire inférieure très-courte et massive surtout en avant. 20 dents dont 4 petites incisives et 2 énormes comprimées, recouvertes d'émail en avant et croissant par une pulpe persistante; deux petites canines (?), puis douze molaires semblables, cylindriques aux côtés recouverts d'émail. Les grosses incisives s'étendaient dans l'os maxillaire jusqu'au-dessous des trois premières molaires, de chaque côté. Cette espèce a été trouvée dans les dépôts éocènes inférieurs du Nouveau Mexique. M. D.

[1] Voy. *Archives*, 1875, tome LIII, p. 169.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES A L'OBSERVATOIRE DE GENÈVE

sous la direction de

M. le prof. E. PLANTAMOUR

PENDANT LE MOIS D'AVRIL 1877.

Le 1er, rosée le matin, et gelée blanche en quelques endroits; minimum + 2°,8.

2, à 9 h. $^3/_4$ matin vent du sud à la surface du sol, les nuages inférieurs étant chassés par un vent du nord et les nuages supérieurs par un vent du sud. Lumière zodiacale dans la soirée.

3, faible gelée blanche le matin, minimum + 2°,2. A 6 h. $^1/_4$ soir roulements de tonnerres au sud-ouest.

4, à 2 $^1/_2$ h. après midi éclairs et tonnerres au SO.; l'orage se dirige vers le NE. A 9 h. soir violent coup de vent du SO., immédiatement suivi d'une forte averse, éclairs et tonnerres.

5, il a neigé pendant la nuit sur toutes les montagnes des environs.

6, faible gelée blanche le matin, minimum + 2°,5.

7, léger brouillard de 6 h. à 8 h. du matin.

8, forte rosée le matin.

9, à 8 $^1/_2$ h. matin couronne solaire.

10, forte rosée le matin.

11, à 2 h. après midi halo solaire partiel.

12, forte rosée le matin.

13, rosée le matin; halo solaire très-brillant de 8 h. à 11 h. matin.

14, rosée le matin.

15, rosée le matin, hâle dans l'après-midi.

16, faible halo solaire à 9 h. matin.

17, à 6 h. matin, flocons de neige qui fondent en tombant.

18, à 6 h. matin pluie et neige.

19, la bise se lève dans la soirée et souffle avec force jusqu'au lendemain soir.

21, gelée blanche le matin, minimum + 0°,8.
24, il a neigé sur toutes les montagnes des environs.
25, forte rosée le matin.
26, faible gelée blanche le matin, minimum + 1°,6; hâle dans l'après-midi.
27, rosée le matin; hâle dans l'après-midi; les nuages élevés sont poussés par un fort vent du SO., pendant que le vent du nord souffle en bas.

Valeurs extrêmes de la pression atmosphérique.

MAXIMUM.	mm	MINIMUM.	mm
Le 7 à 10 h. matin	725,13	Le 5 à 6 h. soir	709,71
15 à 6 h. matin	728,55	10 à midi	714,09
21 à 8 h. matin	729,72	18 à 6 h. matin	708,74
27 à 6 h. matin	723,04	24 à 6 h. matin	718,10
30 à 10 h. soir	725,54	27 à 6 h. soir	718,54

Jours du mois.	Baromètre. Hauteur moy. des 24 h.	Baromètre. Écart avec la hauteur normale	Température C. Moyenne des 24 heures	Température C. Écart avec la temp. normale	Température C. Minim.	Température C. Maxim.	Tension de la vap. Moy. des 24 h.	Tension de la vap. Écart avec la tension normale.	Fract. de saturation en millièmes. Moy. des 24 h.	Fract. de saturation en millièmes. Écart avec la fraction norm.	Fract. de saturation en millièmes. Minim.	Fract. de saturation en millièmes. Maxim.	Pluie ou neige. Eau tomb. d. les 24 h.	Pluie ou neige. Nomb. d'h.	Vent dominant.	Clarté moy. du Ciel.	Temp. du Rhône. Midi.	Temp. du Rhône. Écart avec la temp. normale.	Limnimètre à 11 h.
	millim.	millim.	o	o	o	o	millim.	millim.					mm.				o	o	cm
1	728,70	+ 4,17	+10,85	+ 4,02	+ 2,8	+17,6	5,90	+0,73	630	— 88	400	930	...	...	SO. 1	0,31	..	.....	116,0
2	726,01	+ 1,49	+10,99	+ 4,02	+ 7,5	+15,7	6,31	+1,10	679	— 37	480	840	...	...	variable	0,40	+7,6	+ 0,3	116,4
3	720,15	— 4,36	+ 8,60	+ 1,50	+ 2,2	+15,9	6,59	+1,34	772	+ 58	600	970	0,4	2	N. 1	0,62	7,9	+ 0,5	116,5
4	712,73	—11,77	+11,26	+ 4,02	+ 8,4	+16,2	8,08	+2,79	822	+109	540	970	11,2	9	variable	0,84	8,0	+ 0,5	116,3
5	720,59	— 3,90	+ 9,30	+ 1,92	+ 4,4	+14,7	4,82	—0,51	585	—126	330	810	2,4	1	S. 1	0,14	7,9	+ 0,3	120,0
6	721,99	— 2,50	+ 9,48	+ 1,97	+ 2,5	+16,2	5,86	+0,49	672	— 38	450	890	2,3	1	SSO. 1	0,56	7,6	— 0,1	123,7
7	724,03	— 0,45	+ 7,48	— 0,17	+ 2,7	+12,4	5,87	+0,45	773	+ 65	550	1000	...	..	N. 1	0,22	7,7	0,0	123,0
8	722,35	— 2,13	+10,41	+ 2,62	+ 3,3	+16,3	5,82	+0,35	632	— 75	400	910	...	...	N. 1	0,36	..	.....	121,0
9	718,45	— 6,03	+10,75	+ 2,82	+ 9,6	+13,6	8,05	+2,54	851	+145	720	940	2,6	5	variable	0,98	8,2	+ 0,3	119,8
10	714,65	— 9,84	+10,95	+ 2,88	+ 6,3	+17,6	7,56	+2,00	785	+ 81	550	960	2,1	3	variable	0,76	8,5	+ 0,5	122,1
11	722,42	— 2,07	+ 8,70	+ 0,49	+ 5,3	+12,9	6,39	+0,78	773	+ 70	580	930	6,6	8	variable	0,63	8,4	+ 0,3	127,3
12	724,33	— 0,17	+ 8,67	+ 0,32	+ 3,5	+13,6	5,43	—0,23	673	— 29	400	930	...	...	N. 1	0,07	7,9	— 0,3	126,4
13	724,41	— 0,10	+ 9,46	+ 0,97	+ 3,1	+15,0	6,30	+0,59	714	+ 13	530	910	...	...	variable	0,74	8,8	+ 0,5	129,6
14	726,09	+ 1,57	+11,68	+ 3,05	+ 5,7	+18,7	6,32	+0,55	633	— 67	420	870	...	...	variable	0,34	9,2	+ 0,8	127,6
15	726,89	+ 2,36	+ 9,31	+ 0,54	+ 3,8	+14,4	5,53	—0,29	646	— 54	390	820	...	...	NNE. 1	0,12	..	.....	128,0
16	717,25	— 7,30	+ 5,10	— 3,81	+ 2,0	+ 9,4	5,72	—0,15	896	+197	650	1000	6,8	11	NNE. 1	0,98	9,3	+ 0,7	126,2
17	709,16	—15,40	+ 3,20	— 5,85	+ 0,4	+ 5,4	4,75	—1,18	827	+129	740	910	4,4	7	NNE. 2	1,00	9,0	+ 0,3	130,2
18	709,30	—15,28	+ 3,95	— 5,24	+ 2,2	+ 6,2	5,82	—0,17	962	+265	840	1000	3,2	8	N. 1	1,00	8,9	+ 0,1	127,4
19	715,50	— 9,10	+ 6,08	— 3,26	+ 4.3	+ 8,8	5,78	—0,27	832	+135	660	940	1,0	4	N. 1	1,00	8,8	— 0,1	130,2
20	724,75	+ 0,13	+ 6,81	— 2,67	+ 5,0	+10,0	4,66	—1,45	655	— 41	450	740	...	...	NE. 3	0,34	8,8	— 0,2	130,0
21	728,55	+ 3,91	+ 7,75	— 1,87	+ 0,8	+13,6	4,72	—1,45	615	— 81	400	910	...	...	N. 1	0,57	9,4	+ 0,3	127,8
22	721,11	— 3,56	+10,03	+ 0,27	+ 7,2	+13,0	6,61	+0,38	731	+ 36	580	780	2,0	5	OSO. 2	0,93	..	.....	127,0
23	719,75	— 4,94	+ 9,14	— 0,77	+ 7,0	+13,6	6,01	—0,28	714	+ 19	520	880	0,7	1	S. 1	0,86	9,1	— 0,2	128,5
24	719,50	— 5,22	+ 6,34	— 3,71	+ 4,0	+10,2	5,22	—1,13	746	+ 51	580	840	3,2	5	SO. 1	0,87	9,0	— 0,4	128,2
25	720,66	— 4,09	+ 7,93	— 2,27	+ 3,0	+12,7	5,48	—0,93	696	+ 1	500	880	...	...	N. 1	0,22	9,4	— 0,1	128,5
26	722,37	— 2,41	+ 9,26	— 1,08	+ 1,6	+15,9	6,00	—0,48	684	— 10	460	910	...	...	N. 1	0,12	9,7	+ 0,1	128,1
27	721,01	— 3,80	+12,08	+ 1,60	+ 4,3	+20,1	7,30	+0,76	693	— 1	450	920	...	...	variable	0,41	10,6	+ 0,9	127,8
28	720,61	— 4,23	+10,05	— 0,58	+ 8,4	+13,5	7,28	+0,67	814	+120	650	860	4,5	8	S. 1	0,88	9,7	— 0,1	127,2
29	722,21	— 2,67	+ 9,73	— 1,04	+ 5,5	+13,8	6,88	+0,20	768	+ 74	570	900	0,9	2	SO. 1	0,82	..	.....	127,0
30	722,98	— 1,93	+ 8,64	— 2,28	+ 7,0	+13,0	7,70	+0,96	928	+234	720	920	5,8	8	E. 1	0,89	9,4	— 0,6	128,2

MOYENNES DU MOIS D'AVRIL 1877.

	6 h. m.	8 h. m.	10 h. m.	Midi.	2 h. s.	4 h. s.	6 h. s.	8 h. s.	10 h. s.
Baromètre.									
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade	721,93	721,83	721,65	721,01	720,30	719,85	719,67	720,15	720,78
2e »	719,89	720,03	720,20	719,96	719,88	719,74	719,87	720,43	720,71
3e »	722,08	722,19	722,14	721,92	721,58	721,34	721,37	721,82	722,10
Mois	721,30	721,35	721,33	720,96	720,59	720,31	720,31	720,80	721,20
Température.									
	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1re décade	+ 5,54	+ 8,49	+11,65	+12,96	+13,58	+13,45	+12,74	+11,92	+ 9,62
2e »	+ 4,66	+ 6,47	+ 8,36	+ 9,51	+10,21	+10,17	+ 9,63	+ 8,33	+ 6,89
3e »	+ 6,07	+ 8,80	+10,31	+10,93	+12,00	+12,40	+11,51	+10,13	+ 8,88
Mois	+ 5,42	+ 7,92	+10,11	+11,13	+11,93	+12,00	+11,30	+10,13	+ 8,46
Tension de la vapeur.									
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade	6,20	6,80	6,74	6,46	6,37	6,30	6,34	6,82	6,80
2e »	5,59	5,76	5,80	5,88	5,65	5,78	5,67	5,65	5,70
3e »	6,12	6,48	6,26	6,18	6,38	6,58	6,48	6,33	6,51
Mois	5,97	6,34	6,27	6,17	6,14	6,22	6,16	6,26	6,34
Fraction de saturation en millièmes.									
1re décade	903	816	663	585	557	557	579	653	760
2e »	891	793	684	671	632	648	652	699	772
3e »	865	761	662	638	607	619	638	687	766
Mois	886	790	670	631	599	608	623	680	766

	Therm. min.	Therm. max.	Clarté moy. du Ciel.	Température du Rhône.	Eau de pluie ou de neige.	Limnimètre.
	0	0		0	mm	cm
1re décade	+ 4,97	+15,62	0,52	+ 7,92	21,0	119,5
2e »	+ 3,53	+11,44	0,62	+ 8,79	22,0	128,3
3e »	+ 4,88	+13,94	0,66	+ 9,54	17,1	127,8
Mois	+ 4,46	+13,67	0,60	+ 8,75	60,1	125,2

Dans ce mois, l'air a été calme 1,9 fois sur 100.

Le rapport des vents du NE. à ceux du SO. a été celui de 1,16 à 1,00.

La direction de la résultante de tous les vents observés est N. 20°,2 O. et son intensité est égale à 12,0 sur 100.

TABLEAU

DES

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES AU SAINT-BERNARD

pendant

LE MOIS D'AVRIL 1877.

Le 2, brouillard une partie de la journée; clair le soir.
3, neige, brouillard et fort vent du SO. depuis 8 h. soir.
4, neige, brouillard et fort vent du SO. tout le jour.
6, brouillard le matin, neige le soir.
8, brouillard le soir, fort vent du SO.
9, neige et brouillard, par un fort vent du SO. tout le jour.
10, brouillard tout le jour; fort vent du SO. jusqu'à 2 h. après midi.
11, brouillard intense tout le jour, par une très-forte bise; la neige marquée pour le 11 est tombée dans la nuit du 10 au 11.
14, brouillard le soir.
16, neige depuis 4 h. après midi.
17, neige et brouillard jusqu'à 4 h. après midi; clair le soir.
18, neige et brouillard depuis 4 h. après midi.
19, neige et brouillard tout le jour, par une forte bise.
20, brouillard et forte bise tout le jour.
21, forte bise tout le jour.
22, neige et brouillard une partie de la journée.
23, brouillard le soir; neige dans la nuit suivante.
24, neige le matin jusqu'à 10 h.; brouillard le reste du jour.
28, brouillard tout le jour; neige en très-petite quantité, trop faible pour pouvoir être mesurée.
30, brouillard depuis midi; très-faible chute de neige, la quantité tombée n'étant pas mesurable.

Valeurs extrêmes de la pression atmosphérique.

MAXIMUM	mm	MINIMUM.	mm
Le 8 à midi	563,16	Le 4 à 6 h. soir	555,72
14 à 10 h. soir	563,96	10 à 10 h. soir	555,22
21 à 10 h. soir	562,80	17 à 8 h. matin	547,40
26 à 8 h. soir	562,13	24 à 6 h. matin	553,02
30 à 8 h. soir	560,76	28 à midi	557,58

SAINT-BERNARD. — AVRIL 1877.

Jours du mois.	Baromètre. Hauteur moy. des 24 heures.	Baromètre. Écart avec la hauteur normale.	Baromètre. Minimum.	Baromètre. Maximum.	Température C. Moyenne des 24 heures.	Température C. Écart avec la température normale.	Température C. Minimum*	Température C. Maximum*	Pluie ou neige. Hauteur de la neige.	Pluie ou neige. Eau tombée dans les 24 h.	Pluie ou neige. Nombre d'heures.	Vent dominant.		Clarté moyenne du Ciel.
	millim.	millim.	millim.	millim.	o	o	o	o	millim.	millim.				
1	564,73	+ 4,38	564,31	565,35	— 2,27	+ 3,21	— 6,7	+ 1,4	.....	.....	....	NE.	1	0,30
2	562,47	+ 2,07	562,36	562,68	— 1,28	+ 4,08	— 2,6	+ 0,8	.....	.....	....	NE.	1	0,67
3	562,10	+ 1,64	561,12	562,93	+ 0,02	+ 5,26	— 1,8	+ 3,1	70	4,0	....	SO.	2	0,49
4	557,38	— 3,14	555,72	559,95	— 2,94	+ 2,18	— 3,1	— 1,3	100	7,6	....	SO.	2	1,00
5	558,73	— 1,85	556,21	560,63	— 6,73	— 1,74	— 6,7	— 5,5	.....	.....	....	variable		0,03
6	560,24	— 0,40	559,92	560,58	— 3,96	+ 0,90	— 5,2	— 1,4	50	4,0	....	SO.	1	0,87
7	561,47	+ 0,76	560,76	562,34	— 2,38	+ 2,36	— 8,0	+ 2,5	.....	.....	....	NE.	1	0,03
8	562,64	+ 1,86	562,06	563,16	— 1,95	+ 2,66	— 3,6	+ 0,8	.....	.....	....	SO.	2	0,54
9	560,12	— 0,73	559,23	560,87	— 4,30	+ 0,18	— 4,2	— 2,9	170	16,8	....	SO.	2	1,00
10	555,80	— 5,12	555,22	556,90	— 3,05	+ 1,30	— 4,6	+ 1,9	.....	.....	....	SO.	2	1,00
11	558,58	— 2,41	556,34	560,40	— 4,93	— 0,71	— 5,6	— 2,5	160	14,2	....	NE.	2	1,00
12	561,34	+ 0,28	560,54	562,29	— 5,00	— 0,91	— 9,8	— 1,1	.....	.....	....	NE.	1	0,00
13	562,19	+ 1,05	561,84	562,96	— 2,05	+ 1,91	— 5,8	+ 3,4	.....	.....	....	NE.	1	0,48
14	563,20	+ 1,98	562,37	563,96	— 3,13	+ 0,70	— 6,0	+ 0,4	.....	.....	....	NE.	2	0,49
15	563,08	+ 1,78	562,56	563,44	— 2,83	+ 0,86	— 6,8	+ 0,3	.....	.....	....	NE.	1	0,09
16	554,69	— 6,69	550,24	558,93	— 0,87	+ 2,68	— 4,3	+ 3,8	80	5,2	....	variable		0,87
17	548,03	—13,43	547,40	548,84	— 4,70	— 1,29	— 7,2	— 1,0	70	6,8	....	SO.	1	0,77
18	548,23	—13,31	547,63	549,27	— 3,93	— 0,66	— 6,6	— 0,4	60	4,5	....	SO.	1	0,74
19	552,66	— 8,96	549,46	555,37	— 5,14	— 2,01	— 6,7	+ 0,7	80	5,0	....	NE.	2	1,00
20	558,63	— 3,08	556,35	561,29	— 7,62	— 4,63	— 9,4	— 3,8	.....	.....	....	NE.	2	0,94
21	562,33	+ 0,53	562,03	562,80	— 6,83	— 3,98	—10,4	— 3,3	.....	.....	....	NE.	2	0,33
22	558,65	— 3,24	558,08	559,48	— 1,30	+ 1,41	— 3,9	+ 5,3	90	16,0	....	NE.	1	0,97
23	556,63	— 5,35	555,89	557,67	— 3,66	— 1,09	— 7,9	+ 3,7	.....	.....	....	NE.	1	0,41
24	554,92	— 7,15	553,02	557,51	— 8,15	— 5,72	— 9,7	— 5,8	50	5,0	....	NE.	1	0,99
25	558,17	— 3,99	557,04	558,94	— 3,81	— 1,52	— 9,7	+ 4,2	.....	.....	....	NE.	1	0,10
26	560,97	— 1,28	559,04	562,13	— 1,13	— 1,01	— 7,6	+ 4,1	.....	.....	....	NE.	1	0,16
27	561,22	— 1,12	560,54	561,67	— 1,00	— 0,99	— 4,2	+ 2,0	.....	.....	....	NE.	1	0,00
28	558,36	— 4,07	557,58	559,63	— 2,95	— 1,10	— 5,1	+ 2,1	.....	.....	....	NE.	1	1,00
29	559,67	— 2,85	559,16	560,14	— 3,30	— 1,59	— 6,0	+ 0,5	.....	.....	....	NE.	1	0,58
30	559,79	— 2,83	559,17	560,76	— 2,95	— 1,38	— 5,6	+ 2,3	.....	.....	....	NE.	1	0,87

* Ces colonnes renferment la plus basse et la plus élevée des températures observées de 6 h. matin à 10 h. soir.

MOYENNES DU MOIS D'AVRIL 1877.

Baromètre.

	6 h. m.	8 h. m.	10 h. m.	Midi.	2 h. s.	4 h. s.	6 h. s.	8 h. s.	10 h. s.
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade	560,71	560,77	560,76	560,70	560,63	560,47	560,47	560,45	560,44
2e »	556,49	556,64	556,89	557,05	557,13	557,12	557,31	557,53	557,73
3e »	558,63	558,72	558,98	559,06	559,07	559,12	559,14	559,53	559,66
Mois	558,61	558,71	558,88	558,93	558,95	558,90	558,97	559,17	559,28

Température.

	6 h. m.	8 h. m.	10 h. m.	Midi.	2 h. s.	4 h. s.	6 h. s.	8 h. s.	10 h. s.
	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1re décade	— 4,29	— 2,39	— 1,49	— 0,45	— 0,83	— 1,29	— 2,75	— 2,80	— 3,02
2e »	— 6,12	— 3,44	— 1,08	— 0,67	— 1,05	— 2,48	— 4,07	— 5,00	— 5,60
3e »	— 6,34	— 3,42	— 0,36	+ 0,49	+ 0,04	— 1,32	— 3,44	— 5,09	— 5,46
Mois	— 5,58	— 3,08	— 1,98	— 0,21	— 0,61	— 1,70	— 3,42	— 4,30	— 4,69

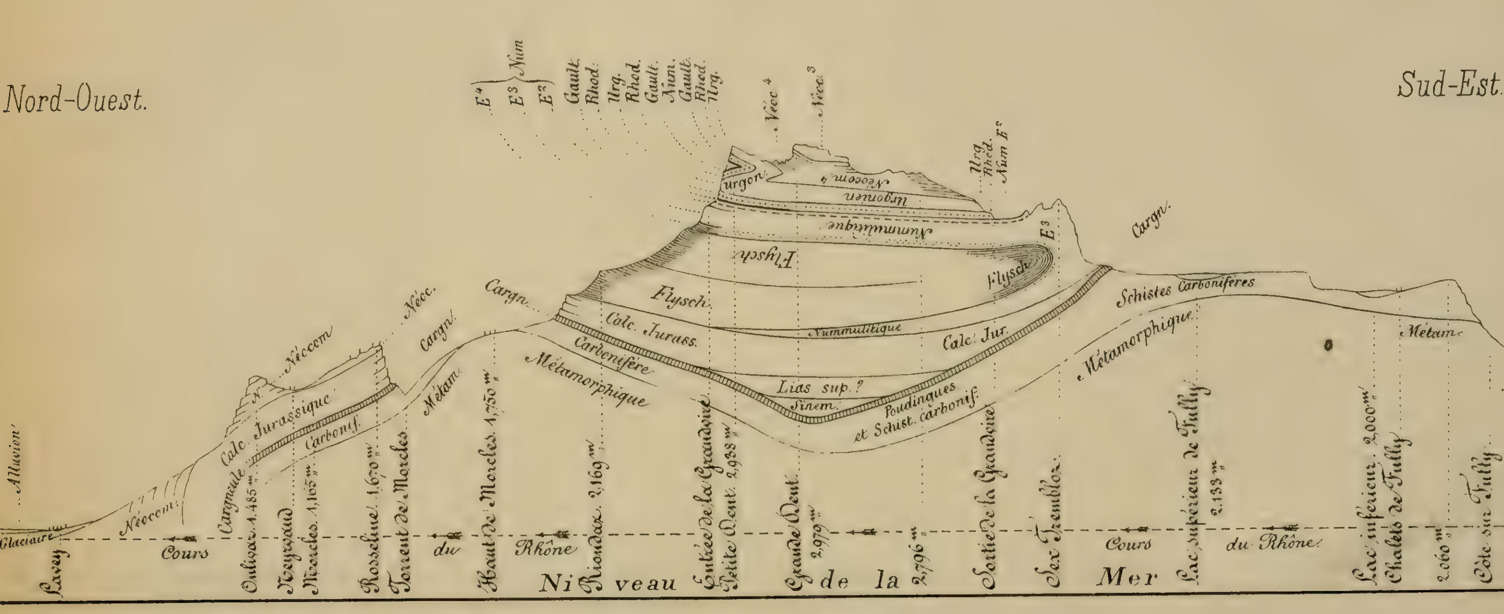
	Min. observé.	Max. observé	Clarté moyenne du ciel.	Eau de pluie ou de neige.	Hauteur de la neige tombée.
	0	0		mm	mm
1re décade	— 4,65	— 0,06	0,59	32,4	390
2e »	— 6,82	— 0,02	0,64	35,7	450
3e »	— 7,01	+ 1,51	0 54	21,0	140
Mois	— 6,16	+ 0,48	0,59	89,1	980

Dans ce mois, l'air a été calme 0,4 fois sur 100.

Le rapport des vents du NE. à ceux du SO. a été celui de 2,03 à 1,00.

La direction de la résultante de tous les vents observés est N. 45° E., et son intensité est égale à 45,9 sur 100.

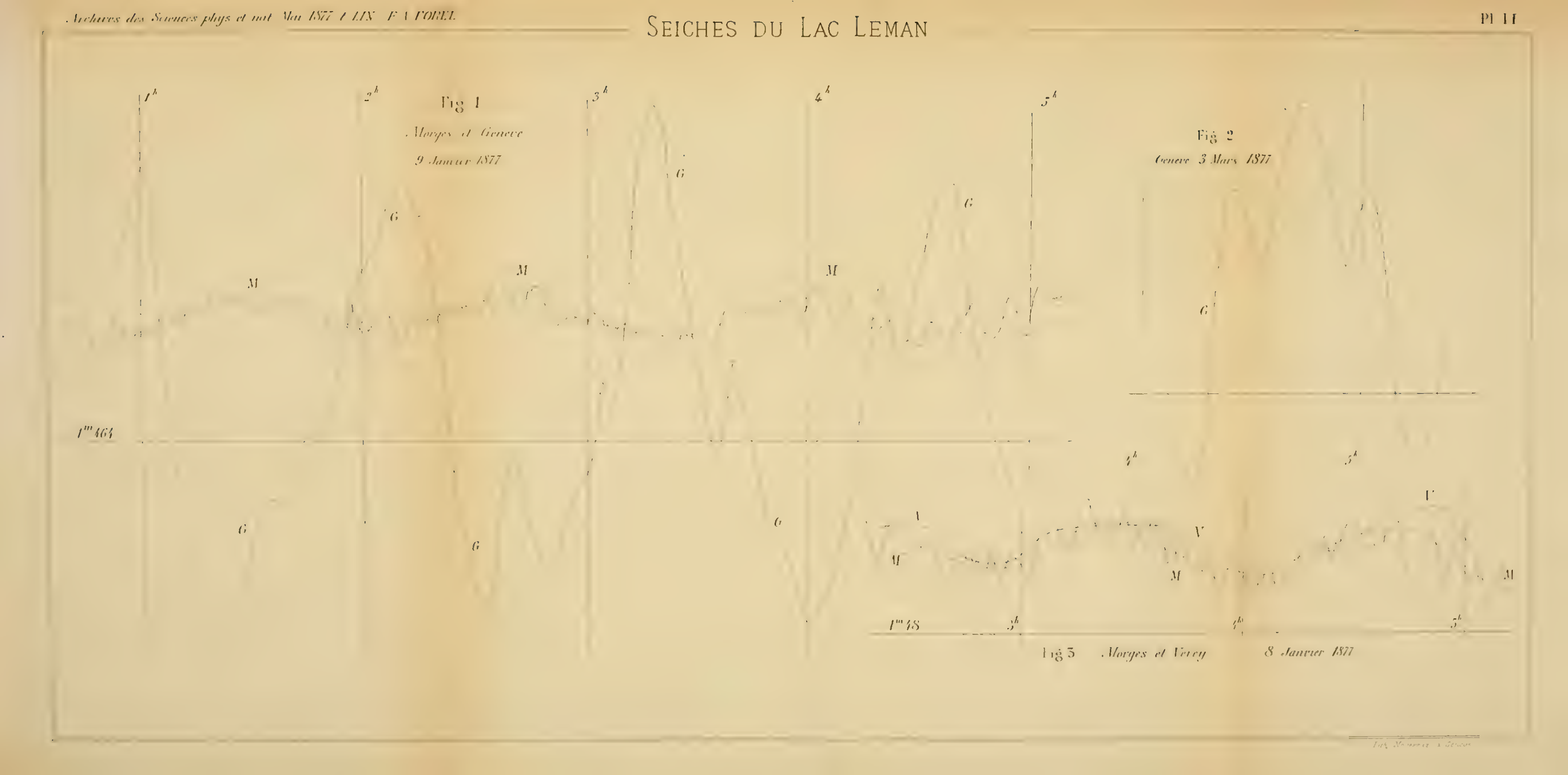
Renevier. – Carte géologique des Alpes Vaudoises.



COUPE GÉOLOGIQUE DES DENTS DE MORCLES.

Echelle 1/50,000 pour distances et altitudes.

LÉM


1h
2h
3h
4h
5h
Fig. 1
Morges et Genève
9 Janvier 1877
G
M
1m464
Fig. 2
Genève 3 Mars 1877
G
V
M
1m48
Fig. 3 Morges et Vevey 8 Janvier 1877

ÉTUDE

SUR LES

VARIATIONS DE LA TRANSPARENCE DES EAUX DU LAC LÉMAN

PAR

M. le Dr F.-A. FOREL

Professeur à l'Académie de Lausanne.

Les eaux des lacs d'eau douce [1] sont plus transparentes en hiver qu'en été; c'est un fait connu de tous les pêcheurs et riverains des lacs.

Quelles sont les lois de la variation de la transparence : quelle en est la cause ? La réponse à ces questions fera le sujet de cette notice qui se basera surtout sur les faits observés dans notre lac Léman.

Voici d'abord les faits.

C'est en pêchant les antiquités lacustres dans les stations de Morges que nous avons été rendus attentifs à la différence saisissante de régime qui sépare à ce point de vue l'été de l'hiver. Pendant les mois d'été, il est absolument impossible de voir le fond, et par suite de recueillir les objets antiques que l'œil doit aller chercher dans les ruines des cités lacustres, sous trois à six mètres d'eau : en hiver, au contraire, l'eau est généralement assez transparente pour permettre une pêche fructueuse [2]. Disons

[1] Il doit en être de même dans la mer.

[2] Lorsque le lac est suffisamment calme, cela va sans dire.

généralement et non toujours ; en effet, chaque fois que les vagues ont battu la grève et soulevé la vase et le limon, chaque fois que les torrents et rivières ont charrié dans le lac des eaux terreuses, et cela est assez fréquent en hiver, alors, même quand les eaux sont redevenues calmes, la pêche reste impossible et le fond est voilé par un brouillard impénétrable ; mais quand cela arrive, quand en hiver les eaux sont troublées, cela ne dure jamais longtemps et le lac se clarifie très-vite.

Je caractériserai cette différence entre le régime de l'été et celui de l'hiver en disant qu'en hiver les eaux sont normalement claires, en été elles sont toujours troubles.

Il est un fait très-remarquable, c'est la rapidité avec laquelle a lieu en automne le passage du régime de l'été au régime de l'hiver ; en quelques jours, presque d'un jour à l'autre, le lac s'éclaircit et prend le caractère des eaux de l'hiver, transparentes et limpides. La transition est beaucoup plus lente et plus ménagée au printemps ; les eaux s'opalinisent petit à petit et mettent en général plusieurs semaines à perdre graduellement leur transparence pour devenir opaques.

A quelle époque ont lieu ces changements de régime ? J'en donnerai une idée en cherchant sur le registre des pêches d'antiquités lacustres, faites à Morges par mon père et par moi, la date de la première et de la dernière trouvaille de chaque hiver.

	Dernière pêche de l'hiver.	Première pêche de l'automne.
1854	22 mai.	—
55	20 avril.	—
56	31 mars.	—
57	mai.	—
58	4 juin.	21 septembre.

	Dernière pêche de l'hiver.	Première pêche de l'automne.
1859	3 avril.	18 octobre.
60	—	23 octobre.
63	2 avril.	—
64	—	2 novembre.
66	11 avril.	—
68	2 mai.	—
69	14 avril.	11 octobre.

D'après ces dates, la saison des pêches lacustres s'étendrait d'octobre à avril, la saison morte de mai à septembre.

En continuant à étudier ces variations de transparence, je reconnais que lorsque le vent a soufflé pendant quelques heures de la terre sur le lac, la limpidité des eaux devient plus grande ; ce fait est remarquable même en été où l'on voit alors l'opacité des eaux moins intense qu'après des temps calmes ou des vents soufflant du large.

Si j'étudie la transparence près des côtes, je constate de grandes différences d'un point à l'autre de la rive ; en général l'eau est moins limpide dans les golfes que le long des caps et promontoires, là où le lac est peu profond que là où le fond est plus incliné, près des embouchures de rivières et d'égoûts que là où l'eau n'est pas salie par des eaux chargées de matières organiques et de poussières en suspension. Je crois enfin avoir remarqué des eaux plus sales à l'extrémité du Haut Lac, près des bouches du Rhône, et des eaux plus transparentes dans le Petit Lac, du côté de Genève.

J'ai essayé d'étudier avec plus de précision ces variations de transparence et pour cela j'ai employé deux mé-

thodes différentes : la méthode directe et la méthode photographique.

La *méthode directe*, déjà employée par tous les navigateurs qui ont voulu se rendre compte de la limpidité des eaux, a été mise en jeu avec toute la rigueur et la précision du physicien par le R. P. Secchi dans la Méditerranée, au large de Civitta-Vecchia, en 1865[1]. Dans cette méthode l'on fait descendre dans les eaux un disque blanc attaché à une ligne de sonde, et l'on mesure le point auquel il disparaît à l'œil en descendant, le point auquel il commence à devenir visible en remontant ; la moyenne de ces deux profondeurs, qui se confondent le plus souvent. donne ce qu'on peut appeler la *limite de visibilité.* Pour n'être pas troublé par le clapotis des vagues et par les réflexions et réfractions qui se font sur leurs faces inclinées, je me sers de la lunette à eau de nos pêches lacustres, baquet de zinc à fond de verre qu'on laisse flotter sur l'eau à côté du bateau ; pour n'être pas gêné par la réflexion sur l'eau d'un ciel trop brillant, j'entoure ma tête d'un voile noir à l'instar du photographe qui vise dans sa chambre obscure.

J'ai bientôt reconnu qu'il y a une différence notable dans la limpidité de l'eau suivant la distance de la rive à laquelle on fait l'observation, l'eau étant plus claire en plein lac que près de la côte ; pour faire des observations comparables j'ai donc eu soin de choisir toujours le même point du lac, distant de la rive d'un demi-kilomètre, de-

[1] *A. Secchi*, Relazione delle esperienze fatte a bordo della pontificia pirocorvetta l'*Immacolata Concezione* per determinare la trasparenza del mare : in *A. Cialdi*, sul moto ondoso del mare, Roma, 1866, p. 258, sq.

vant Morges. Mon disque blanc avait 25 centimètres de diamètre [1].

En rapprochant 46 expériences différentes, faites dans les années 1874 et 1875, j'en puis tirer les moyennes mensuelles suivantes de la profondeur limite de visibilité.

	m		
Octobre	10,2		m
Novembre	11,0	Mai	8,2
Décembre	11,5	Juin	6,9
Janvier	14,5	Juillet	5,6
Février	15,0	Août	5,3
Mars	15,4	Septembre	6,8
Avril	11,3		

Ou en moyenne : pour les sept mois d'hiver, d'octobre à avril, 12ᵐ,7.

Pour les cinq mois d'été, de mai à septembre, 6ᵐ,6.

Moyenne annuelle, 10ᵐ,15.

Maximum observé, le 10 mars 1875, à midi, 17ᵐ,0.

Nous avons là, exprimée par ces chiffres d'une manière frappante, la différence de limpidité qui sépare l'été de l'hiver.

J'ai employé une autre méthode, indirecte il est vrai, et qui m'a conduit aux mêmes résultats, c'est la *méthode photographique*. Pour l'utiliser dans l'étude de la limpidité de l'eau, il faut supposer que les mêmes lois qui règlent la pénétration dans l'eau des rayons actiniques ou chimiques du soleil sont applicables à la lumière ; cela est admissi-

[1] Pour le détail du manuel opératoire et des expériences voyez mes Matériaux pour servir à l'étude de la faune profonde du lac Léman. IIe série, § XXVIII, p. 204, sq. Lausanne, 1876, Rouge et Dubois. — Bull. Soc. Vaud. Sc. nat., XIV, 136.

ble si l'on réserve avec soin toute la question des valeurs et des chiffres absolus.

Mon manuel opératoire est le suivant [1] : Je prépare une feuille de papier sensibilisé au chlorure d'argent, et la porte, protégée contre la lumière, jusqu'au point du lac où je veux expérimenter; là j'attends la nuit. Je place alors la feuille sensibilisée dans un appareil convenable qui la maintient exposée aux rayons du soleil à travers une plaque de verre, et protégée en partie par un écran opaque, de telle sorte que l'effet photographique puisse se voir par différence entre la partie attaquée par la lumière et la partie protégée; je descends l'appareil dans le lac et le laisse reposer sur le fond à une profondeur que je mesure. Une bouée me permet de retrouver, le lendemain ou un jour suivant, l'appareil que je relève, de nuit aussi, après une ou plusieurs fois vingt-quatre heures d'exposition dans le lac. Si les rayons solaires ont agi, le papier est coloré dans sa moitié non protégée, et il est d'autant plus coloré que l'action actinique a été plus intense. Je fixe l'épreuve avec de l'hyposulfite de soude et je puis alors la comparer à loisir avec une gamme de tons préparée à l'avance ou avec d'autres épreuves prises dans d'autres conditions.

Voici le résumé des expériences que j'ai faites par cette méthode en 1873 et 1874 ; l'effet photographique est indiqué en numéros d'une échelle allant de zéro pour l'effet nul, à 100 pour l'effet maximal, chaque numéro de l'échelle correspondant à l'effet produit par l'exposition à l'air, en plein soleil de juillet, pendant cinq secondes de temps.

[1] Voyez : Matériaux, etc. Ire série, § VII, p. 24, sq. Lausanne, 1874, Bull., XIII, 24.

		Profondeur.	Effet photographique.
Été	23 juillet 1873	2m	100
	30 juin	27	1,5
	11 juillet	40	1
	21 »	50	0
	25 juin	60	0
Hiver	22 décembre	40	5
	23 »	50	7
	23 février 1874	50	20
	20 janvier	68	0,6
	15 février	80	0,4
	8 mars	93	0,2

Si j'appelle *limite d'obscurité absolue* le point où les rayons solaires, agissant pendant un jour au moins, cessent d'influencer le chlorure d'argent, cette limite sera, d'après ces expériences, approximativement à 45 mètres pendant l'été, à cent mètres pendant l'hiver [1].

C'est une nouvelle démonstration du fait que j'ai énoncé plus haut.

La différence de limpidité de l'eau de l'été à l'hiver étant ainsi constatée, cherchons-en la cause.

Avant tout, nous reconnaissons que l'eau quelque pure qu'elle soit n'est pas absolument transparente, qu'elle absorbe une certaine quantité de lumière, tellement que lorsqu'elle est en couche d'une épaisseur suffisante, elle est absolument opaque. A une profondeur déterminée, variable suivant les conditions, dans le lac Léman à 17 mètres, dans la Méditerranée à 42m,50 (P. Secchi) [2], dans

[1] *Bouguer* (Essai d'optique sur la gradation de la lumière, Paris, 1729, p. 85) était arrivé à conclure qu'une couche d'eau de mer de 83 mètres arrêterait absolument la lumière.

[2] P. Secchi, loc. cit., p. 269.

l'Atlantique à 49m,5 (F. de Pourtalès)[1], l'œil ne voit plus rien. La région où règne ainsi l'obscurité absolue pour l'œil qui regarde dans l'eau est reconnaissable à la teinte foncée de l'eau, teinte qui varie, suivant les lacs et les mers, du bleu le plus pur au vert le plus cru. Cette région est connue sur notre lac sous le nom d'*eau bleue.*

Cela étant, devons-nous admettre que les variations de la transparence de notre lac seraient dues à des variations dans le pouvoir absorbant de l'eau ? Cela pourrait être ; cela est en partie.

L'on sait que d'une manière générale les corps transparents absorbent d'autant plus de lumière qu'ils sont plus chauds, et l'on sait qu'il en est de même pour l'eau. M. H. Wild[2] a déterminé le coefficient a de transparence de l'eau pure à différentes températures et a reconnu que pour l'unité de chemin d'un décimètre l'eau laisse passer une quantité de lumière différente suivant sa température,

à $+24°,4$	$a = 0{,}91790$	de la lumière incidente.
à $+17°$	$a = 0{,}93968$	»
à $+6°,2$	$a = 0{,}94769$	»

Ce qui signifie que la quantité de lumière absorbée par l'eau est d'autant plus forte, ou que la transparence de l'eau est d'autant plus faible que sa température est plus élevée.

Il y a là évidemment une action suffisante pour expliquer une partie notable des phénomènes ; pour rendre compte du fait que l'eau, quelque pure qu'elle soit, ab-

[1] Communication personnelle de l'observateur.

[2] H. Wild, Ueber die Lichtabsorption der Luft. Anhang. Poggendorff's Annalen, CXXXIV, p. 582. Berlin, 1868.

sorbe assez la lumière pour ne pas laisser voir un objet blanc à plus de 17 mètres de profondeur dans le Léman, à plus de 49 mètres dans l'Atlantique, pour arrêter les rayons chimiques du soleil à 100 mètres de fond dans le lac Léman. Il y a aussi, semble-t-il, dans la différence du pouvoir absorbant des eaux chaudes de l'été et des eaux froides de l'hiver une raison suffisante pour expliquer la différence de transparence que nous avons constatée.

Et cependant, tout en admettant cette action d'absorption de l'eau variable avec la température, je suis obligé de chercher autre chose pour expliquer les faits observés sur le lac.

Je pourrais tout d'abord faire quelques réserves sur la valeur du coefficient de transparence de M. Wild, et montrer qu'il indique une absorption probablement trop forte pour être appliquée à l'eau de nos lacs.

C'est ainsi, par exemple, que si nous calculons avec le coefficient de transparence de l'eau à 6°,2 la fraction de lumière qui arrive à traverser une couche d'eau de 6, 8 ou 10 mètres, nous obtenons les chiffres très-faibles de 0,04, 0,01 et 0,005. Or il est évident pour moi que pendant nos pêches lacustres de l'hiver, alors que nous voyons et reconnaissons avec la plus grande facilité sous 3, 4 et 5 mètres d'eau les objets les plus délicats, la quantité de lumière qui revient à notre œil après réflexion sur le fond est plus de 0,04 à 0,005 de la lumière incidente sur l'eau; si le fond était aussi peu éclairé que le veut la formule de M. Wild, nous serions tellement éblouis par la lumière extérieure, 25 ou 200 fois plus intense, que nous ne distinguerions absolument rien sous une couche d'eau aussi absorbante.

Il est évident aussi que quand je vois disparaître à 17 mètres de profondeur un disque blanc qui s'enfonce dans le lac, au moment où je vais cesser de le voir, il envoie encore à mon œil une quantité de lumière supérieure à la fraction 0,00000001 que me donne le calcul, soit un cent millionième de la lumière incidente; si la lumière qu'il renvoie à mon œil était réellement aussi faible, je ne saurais discerner avec autant de précision que je le fais la profondeur à laquelle il disparaît à la vue. Les différences d'évaluation de la profondeur limite de visibilité ne dépassent pas 20 ou 30 centimètres.

Les expériences et l'observation directe des faits de la nature me montrent donc que les coefficients de transparence de M. Wild, tirés d'expériences faites avec de l'eau distillée, filtrée sur du papier grossier, sous des épaisseurs de 5 à 20 centimètres, ne sont pas immédiatement applicables, sans certaines corrections, à la transmission de la lumière dans les couches épaisses et profondes de l'eau des lacs [1].

Mais quelques corrections que l'on apporte aux coefficients de transparence de l'eau, l'on n'arrivera pas encore à expliquer par leur moyen tous les détails du phénomène; les faits observés de la variation de transparence

[1] C'est cette objection qui m'arrêtait lorsque j'écrivais la note que j'ai présentée à l'Académie des Sciences de Paris le 12 février 1877; ne pouvant accepter immédiatement les chiffres de M. Wild, j'ai été entraîné à être trop négatif et à attribuer toute la différence de transparence du lac aux poussières de l'été. Je corrige actuellement ce qu'il y avait de trop absolu dans cette note, et je reconnais que la variation de pouvoir absorbant de l'eau aux différentes températures doit entrer en très-sérieuse ligne de compte dans les variations de la transparence du lac.

de l'eau du lac nécessitent l'intervention d'autre chose que la simple variation du pouvoir absorbant de l'eau aux diverses températures.

En effet, nous n'avons pas encore l'explication de la disparition relativement subite d'un objet qui sombre dans l'eau et le peu d'écart, quelques 20 à 30 centimètres seulement, qui sépare les deux appréciations de la limite de visibilité dans le moment de la descente et dans celui de la remontée du disque blanc ; l'absorption de la lumière suivant une progression géométrique, tandis que les épaisseurs d'eau augmentent en série arithmétique [1], la lumière très-fortement absorbée dans les premières couches traversées doit continuer ensuite son trajet dans l'eau en s'affaiblissant graduellement, en mourant insensiblement, sans s'éteindre brusquement nulle part.

Nous n'expliquons pas la rapidité du changement de régime au point de vue de la transparence qui a lieu en automne; le passage du régime estival au régime hivernal se fait en quelques jours. Or l'on sait que rien n'est plus lent, plus ménagé que les changements de température des grandes masses d'eau, et que spécialement le refroidissement automnal des lacs est très-gradué et mesuré.

Nous n'expliquons pas enfin le fait d'expérience suivant. En hiver l'intensité de l'éclairage a un effet très-sensible sur la limite de visibilité dans le lac ; en été cet effet est nul. J'ai reconnu cette anomalie en faisant des expériences comparatives aux différentes heures du même jour, alors que le soleil était à l'horizon ou au méridien, — alors que le soleil était brillant ou bien masqué par un nuage, — ou bien encore à deux jours différents, le

[1] Loi de Bouguer, loc. cit. p. 44, sq.

premier par un soleil brillant, le second sous des nuages de pluie. En hiver j'ai constaté, comme le P. Secchi dans la Méditerranée, une différence notable dans la profondeur limite de visibilité, la profondeur étant d'autant plus grande que l'éclairage était plus intense ; en été au contraire, quel que fût l'éclairage, la profondeur limite était toujours la même, toutes choses égales d'ailleurs.

Ces faits qui ne s'expliquent pas si l'on ne fait intervenir que la variation de l'absorption aux différentes températures de l'eau, ces faits dis-je deviennent compréhensibles si l'on admet que pendant l'hiver les eaux du lac sont relativement pures, et qu'en été elles sont salies par un brouillard de particules opaques. Un écran de corpuscules opaques voile les objets lumineux et les fait disparaître à l'œil quelle que soit l'intensité de l'éclairage ; la grosseur et le nombre relatifs des petites particules, qui se superposant arrivent à faire un écran complet, déterminent dans une eau ainsi troublée la profondeur limite de visibilité.

Dans le fait, si je filtre l'eau d'été du lac, je la trouve chargée de poussières en suspension. Le 26 septembre 1869 j'ai filtré huit litres d'eau recueillie devant mon jardin à Morges, le trouble de l'eau était tel que je ne voyais les pierres du fond que jusqu'à la profondeur de $1^{m},20$. Le résidu que j'ai trouvé sur le filtre était composé de :

a. Poussières amorphes, vase ;

b. Algues, diatomées, vivantes ou mortes ;

c. Débris de végétaux, épidermes, fibres ;

d. Infusoires et entomostracés vivants, en très-petit nombre ;

e. Débris d'animaux, peau chitineuse de larves d'insectes, carapaces d'entomostracés ;

f. Produits de l'industrie humaine, débris de fil.

C'était en somme de la poussière aquatique assez semblable dans sa composition à la poussière de l'air atmosphérique.

Cette analyse microscopique réfute déjà par elle-même l'opinion assez fréquemment émise que le trouble des eaux de l'été serait dû au limon glaciaire charrié par les hautes eaux du Rhône. Le limon en suspension dans les eaux glaciaires est du sable presque pur, presque sans mélange avec des matières organiques ; le trouble des eaux du lac est comme on vient de le voir presque uniquement formé de particules organiques.

Cette opinion est du reste facilement écartée par les deux arguments suivants :

Tout d'abord les eaux glaciaires du Rhône de l'été ne se répandent pas à la surface du lac, comme le font à la surface de la mer les eaux d'une rivière d'eau douce ; elles ont une température de 6 à 10°, elles sont beaucoup plus froides, et par conséquent beaucoup plus lourdes que les eaux superficielles du lac qui, en été, ont de 16 à 24°. Il en résulte que les eaux du Rhône descendent le long du talus du delta jusqu'à la couche du lac correspondant à leur densité, et qu'elles s'étalent en nappe horizontale à une profondeur de 50 à 100 mètres : elles ne peuvent donc pas salir la surface du lac.

Un second argument aussi décisif que le premier c'est que dans les lacs de plaine et les lacs jurassiques qui ne sont pas alimentés par un fleuve alpin, le trouble des eaux de l'été s'observe de la même manière et dans les mêmes conditions que dans le Léman [1].

[1] Pour le lac de Neuchâtel ce fait m'a été confirmé par une com-

Il n'y a donc pas moyen d'attribuer le trouble estival au limon en suspension dans les eaux glaciaires. Ce sont des poussières organiques provenant soit des animaux et végétaux vivant dans le lac, soit du transport des rivières et ruisseaux affluents du lac.

J'ai essayé en 1869 [1] de donner une explication de ce trouble estival, de la plus grande abondance en été des poussières dans les eaux de la surface, en me basant sur la circulation verticale des eaux ; cette circulation est très-active en automne et en hiver par suite du refroidissement superficiel, elle est nulle au printemps et en été par suite du réchauffement de la surface. Dans mon hypothèse la circulation hivernale aurait entraîné les poussières flottant dans le lac, et aurait ainsi clarifié l'eau, la stagnation estivale aurait laissé les poussières s'accumuler. Mais cette explication ne tenait pas compte des conditions que je vais développer de la suspension des poussières dans l'eau ; elle est donc insuffisante et en partie erronée, et je la laisse absolument de côté.

Voici l'interprétation que je propose actuellement ; elle me semble répondre à toutes les faces du problème.

Des poussières aquatiques salissent l'eau du lac, que ce soit les vagues du vent ou celles d'un bateau à vapeur qui aient soulevé la vase de la grève, que ce soit une rivière ou un égoût qui ait amené dans le lac des poussières en suspension dans l'eau. Quel va être le sort de ces poussières ?

munication très-explicite que je dois à l'obligeance de M. le Dr P. Vouga, de Préfargier.

[1] Séance de la Soc. Vaud. des Sc. nat., 3 nov. 1869. — Matériaux, etc., § XXVIII, 2e série, p. 219.

Si l'eau est homogène, c'est-à-dire si elle a dans toutes ses couches la même densité, toutes les poussières plus lourdes que l'eau vont plus ou moins rapidement tomber sur le fond, toutes celles qui sont plus légères vont monter à la surface ; il ne restera en suspension dans l'eau que les quelques particules ayant exactement la même densité que l'eau. La clarification se fera du reste plus ou moins vite suivant la nature des poussières jetées dans l'eau.

Mais si l'eau n'est pas homogène, si elle est stratifiée en couches plus légères à la surface, plus lourdes au fond, chacune de ces couches se comportera au point de vue des poussières en suspension comme le faisait la masse homogène de l'eau dans la supposition précédente ; chacune des couches gardera en suspension les poussières ayant la même densité qu'elle, et ces poussières y flotteront, tant que l'égalité de densité sera maintenue. Par conséquent dans une eau stratifiée au point de vue de la température et de la densité, le nombre des poussières restant en suspension sera beaucoup plus considérable que dans une eau homogène.

Or les eaux de l'été, réchauffées à la surface par les rayons du soleil, sont stratifiées en couches de plus en plus légères à mesure qu'elles s'approchent de la surface ; la densité varie depuis 1,0001 pour les couches profondes dont la température est constante à $+ 5°,9$ jusqu'à 0,9973 pour les couches superficielles qui peuvent s'échauffer à $+ 25°$. Toutes les poussières qui possèdent une densité intermédiaire à ces extrêmes trouvent donc dans l'eau une couche de même densité qu'elles, et restent ainsi en suspension entre deux eaux. Comme les

extrêmes de densité sont assez éloignés, le nombre de ces poussières pourra être assez élevé.

En hiver, au contraire, par suite du refroidissement superficiel de l'eau, la stratification disparaît, la température du lac devient uniforme, et la densité de l'eau s'uniformise aussi. Il en résulte que le nombre des poussières capables de rester en suspension dans l'eau sera infiniment petit par rapport à ce qu'il était en été.

Si, connaissant les lois de la distribution de la température dans les eaux du lac nous cherchons à les rapprocher des faits de variation de la transparence, nous trouvons, de la manière que je viens d'exposer, l'explication de tous les faits de détail qui nous avaient arrêtés. C'est ainsi qu'en automne la stratification thermique disparaît très-rapidement de la surface jusqu'à quelques mètres de profondeur; c'est ainsi qu'au printemps la stratification reparaît graduellement sous l'influence des premiers rayons du soleil; c'est ainsi encore qu'un vent soufflant de terre, emmenant en plein lac les couches superficielles plus chaudes et les remplaçant par des couches plus froides, diminue d'autant les extrêmes de densité, etc., etc.

Tous les faits de détail s'expliquant bien ainsi, il y a lieu de faire intervenir cette interprétation dans la théorie de la transparence des eaux du lac, et de la combiner avec le fait de la différence d'absorption des rayons lumineux par des eaux de températures différentes.

Dans quelles proportions ces deux causes générales de variation dans la transparence de l'eau agissent-elles l'une et l'autre, et se combinent-elles pour arriver à la résultante que nous connaissons? Il m'est impossible de le dire pour le moment. Je me bornerai donc à constater

qu'elles doivent avoir leur part d'action l'une et l'autre, et je formulerai en résumé mes conclusions comme suit :

1° L'eau du lac Léman est notablement plus transparente en hiver qu'en été;

2° L'absorption de la lumière plus grande par les eaux plus chaudes de l'été que par les eaux plus froides de l'hiver explique en partie cette différence;

3° La diminution de transparence des eaux de l'été est causée en partie aussi par des poussières organiques en suspension dans l'eau;

4° La plus grande abondance de ces poussières aquatiques pendant l'été est due à la stratification thermique de l'eau, d'où résulte la capacité de garder en suspension des poussières de densités différentes; l'eau de l'été garde en suspension un beaucoup plus grand nombre de poussières que l'eau homogène et uniformément dense de l'hiver.

SUR LES

DIFFÉRENTS MODES DE CRISTALLISATION DE L'EAU

ET LES

CAUSES DES APPARENCES VARIÉES DE LA GLACE

PAR

M. RAOUL PICTET

Dès les temps les plus reculés on a observé la cristallisation de l'eau telle qu'elle se produit naturellement sur les étangs, sur les ruisseaux et les cascades par les temps froids. Tout le monde connaît la limpidité absolue de la glace naturelle et l'admirable transparence des blocs que l'on retire des rivières dans les pays du Nord.

Lorsque l'on examine de près à la loupe, ou même au microscope, des couches minces de cette glace absolument belle, on remarque un ensemble de cristaux rhomboédriques qui se touchent tous de très-près par toutes les faces et présentent un milieu si homogène que la lumière les traverse, sans éprouver de réflexion partielle sur les surfaces intérieures, comme elle le ferait au travers d'un cristal tout à fait pur.

C'est là le caractère ordinaire de la glace qui sert à l'alimentation des grandes villes du Nord.

Il est facile de rendre visible cette structure prismatique des blocs de glace naturelle en exposant aux rayons solaires un morceau de glace d'une certaine épaisseur.

Les rayons calorifiques attaquent jusqu'au centre du bloc ces prismes élémentaires qui se séparent, se désagrégent et tombent sous la moindre pression. Ils présentent un peu, dans cet état de dissociation, l'apparence d'un rayon de miel dont les alvéoles en cire auraient reçu quelque avarie et laisseraient voir les parois des cellules intérieures.

La glace ne se présente pas toujours sous cette forme limpide, homogène et absolument transparente; la neige et le givre sont composés de cristaux rhomboédriques, mais qui, laissant entre eux d'assez grands intervalles, empêchent la lumière de les traverser en ligne droite; au lieu d'être transparents ils ne sont que translucides et émettent une lumière diffuse parfaitement blanche ou très-légèrement bleuâtre. Cette teinte, comme on le sait d'après les théories modernes de l'optique, ne provient que de la diffusion de la lumière dans une substance complétement incolore et de l'émission de cette lumière par la surface ou les couches superficielles des cristaux.

Lorsque l'on serre fortement une certaine masse de neige, on la rend compacte, tous les cristaux élémentaires se rapprochent les uns des autres, et si la pression est suffisante, le bloc ainsi formé présente une dureté comparable à celle de la glace naturelle; la glace obtenue par ce procédé est toujours opaque et conserve l'apparence blanche de la neige, bien que cette teinte soit moins accusée et sensiblement plus pâle. C'est cette neige comprimée que l'on récolte sur les Apennins et que l'on transporte dans les principales villes de la Péninsule. La plupart des villes d'Italie ne sont approvisionnées que de cette neige que l'on vend en guise de glace pour tous les usages domestiques.

Si la neige fortement comprimée subit cette pression

pendant un temps très-long, elle s'éclaircit peu à peu; de plus en plus la teinte blanche s'efface et la transparence apparaît pour devenir complète après un laps de temps suffisant. C'est ce que l'on peut observer dans les glaciers des montagnes qui ne proviennent que des névés des grandes altitudes. Les neiges se tassent par leur propre poids, elles descendent dans le fond des vallées; puis, au fur et à mesure que les couches profondes disparaissent par la fonte, les parties supérieures les remplacent, elles subissent des pressions de plus en plus fortes et finissent par atteindre le bas de la moraine où elles sont converties en belle glace bleue que tout le monde connaît.

La glace opaque et la glace transparente sont donc deux corps identiques qui ne se distinguent que par des propriétés physiques spéciales à leur structure. Il est intéressant de déterminer les conditions de formation de ces deux sortes de glace, puisque toutes les deux servent à l'alimentation de grands centres de population et que bien des préjugés tendent encore à préconiser l'une au détriment de l'autre, ainsi qu'on peut le constater à Paris et à Naples.

Aujourd'hui que les procédés frigorifiques permettent d'obtenir les températures les plus basses, on peut facilement observer directement la cristallisation de l'eau et modifier à volonté les conditions dans lesquelles se passent ces phénomènes pour arriver à connaître la véritable cause des différences dans l'apparence de la glace.

Supposons donc que nous ayions à notre disposition un appareil frigorifique qui maintienne un bain incongelable à une température constante de — 5°, par exemple. (Le liquide incongelable peut être de l'eau contenant du

chlorure de sodium à l'état de saturation; il permet de descendre jusqu'à — 15° sans que l'eau cristallise; nous employons de préférence dans nos machines soit une solution de glycérine dans l'eau, soit une solution concentrée de chlorure de magnésium, sous-produit sans valeur des salines du Midi. Ces deux liquides ont l'avantage d'être presque sans aucun effet galvanique sur les métaux dont sont faits les divers organes de l'appareil.) Le liquide incongelable est constamment renouvelé par une circulation très-active qui maintient la température invariable.

L'eau pure est introduite dans des bâches en tôle de diverses grandeurs; elles ont en général 20 à 25 centimètres de large, 1 mètre de haut et 7 à 8 centimètres d'épaisseur.

On leur donne une forme légèrement conique, afin de faciliter l'opération du démontage une fois la congélation produite. L'eau est prise à la température ambiante, soit environ 15° à 20° en été.

Supposons que nous mettions une vingtaine de bâches ensemble dans le bain, toutes contenant la même eau à la même température, et observons ce qui va se passer dans l'intérieur sous l'influence du bain froid qui lèche les parois extérieures des moules à glace.

Après un quart d'heure d'immersion on verra de grandes différences dans ces diverses bâches :

Dans quelques-unes il y aura de la glace, dans d'autres il ne s'en trouvera point. Dans toutes celles où des cristaux de glace se seront formés, la température de l'eau sera exactement 0°, dans les autres le thermomètre indiquera une température inférieure à 0 qui pourra atteindre —2° ou —3°, rarement davantage; cette tempé-

rature anomale accompagne toujours le phénomène de la *surfusion*, état d'équilibre instable des particules liquides. Si l'on continue à observer avec soin ces bâches, où la température est descendue au-dessous de 0°, on aperçoit tout à coup dans un point quelconque des parois un premier cristal de glace qui s'avance en s'agrandissant très-rapidement vers le centre de la masse liquide. A ce premier jet s'ajoutent une foule de ramifications dirigées dans toutes les directions; elles donnent tout à fait l'illusion d'une arborescence très-active dont on suit le développement aisément pendant quelques secondes.

Pendant ce peu d'instants une quantité considérable de cristaux de glace se sont formés dans toute la masse du liquide, et il n'est plus possible de voir le fond de la bâche que l'on distinguait aisément avant; la température est brusquement remontée à 0° pendant le court moment durant lequel cette congélation s'est produite.

Si l'on retire immédiatement cette bâche du bain froid, on voit que la couche de glace formée contre les parois est excessivement mince, tandis qu'une quantité de glace assez notable existe déjà en cristaux lamelleux dirigés dans tous les sens au milieu de l'eau. Cette cristallisation s'est opérée spontanément par la restitution de la chaleur nécessaire à l'équilibre stable du liquide, chaleur qui a ramené à 0° la température générale de la bâche et qui est représentée par la chaleur latente de solidification des cristaux formés.

A partir de cet instant, si on laisse la bâche dans le bain froid, la congélation s'opère régulièrement des parois au centre; la couche qui se dépose contre les parois augmente constamment et les deux grandes faces parallèles s'avancent l'une vers l'autre jusqu'à ce que les der-

nières traces d'eau comprises entre les deux surfaces se soient elles-mêmes congelées.

On retire la bâche du bain et au bout de quelques minutes on peut opérer le démontage, soit qu'on ait versé de l'eau tiède sur l'enveloppe extérieure, soit que l'on ait laissé agir la température ambiante.

La glace ainsi obtenue est toujours blanche, d'une teinte laiteuse, elle est compacte, résistante, aussi dure que la glace naturelle à laquelle cependant il est impossible de l'assimiler au point de vue de l'apparence extérieure.

Avant de passer à l'examen plus minutieux de la glace ainsi formée, examinons ce qui se produit dans les autres bâches.

Dans quelques-unes la température de l'eau a baissé graduellement de + 15° à + 20°, point de départ, jusqu'à 0°. Le thermomètre n'a pas indiqué un seul instant une température inférieure à 0°. La glace a commencé à se produire sur toute la surface intérieure de la bâche à la fois et la couche est égale partout. Elle est blanchâtre et suffisamment opaque pour cacher complétement les parois métalliques qu'elle recouvre.

La congélation continue ainsi peu à peu et gagne les parties centrales qui, au bout de trois à quatre heures suivant les épaisseurs, sont totalement prises.

La glace ainsi formée est identique comme couleur et apparence générale avec celle que nous avons retirée des bâches précédentes.

Dans d'autres moules à glace la congélation commence à quelques dixièmes de degré au-dessous de 0° et débute par une série de longues aiguilles toutes dirigées vers le centre de la bâche, elles se forment presque instantané-

ment, seulement ces aiguilles sont excessivement fines et déliées. Les parois intérieures des bâches ressemblent à des brosses où les crins seraient assez espacés. La congélation continue mais se marque surtout par l'épaississement de ces aiguilles à leur base, elles deviennent semblables à de petits cônes dont les bases arrivent à se confondre les unes dans les autres.

Peu à peu les épaisseurs périphériques constituent une couche de glace de plus en plus forte qui arrive à envahir toute la masse liquide.

Si l'on retire une de ces bâches au milieu de l'opération et qu'on laisse doucement écouler l'eau qui reste encore au centre, comprise entre les parois de glace, on voit distinctement cette structure particulière très-caractéristique et bien différente de celle que nous avons signalée dans les cas précédents.

Lorsque le bloc est formé et que la congélation est complète, la glace affecte extérieurement la même apparence déjà décrite et il est impossible de distinguer par quelle voie elle s'est formée. La structure élémentaire qui a présidé à sa formation échappe à tout examen postérieur.

Un seul cas fait exception, c'est celui où le phénomène de surfusion a été très-accusé. Lorsque l'eau est descendue jusqu'à — 3° sans se congeler, ce qui est dû à des causes encore peu connues où les forces moléculaires jouent le rôle principal, la congélation, lorsqu'elle se manifeste, est excessivement prompte et les arborescences que nous avons signalées s'étalent avec une grande rapidité sur toutes les surfaces métalliques en y dessinant des formes capricieuses qui ressemblent beaucoup aux fougères des Alpes. Ces cristaux se disposent les uns à la

suite des autres presque instantanément et laissent autour d'eux des places vides qui ne se remplissent que plus tard alors que la température de l'eau est remontée à 0°. La différence de structure entre ces deux espèces de cristaux, formés dans des conditions différentes, permet de distinguer parfaitement ces arborescences après le démoulage ; elles se détachent en blanc vif sur un blanc plus pâle et plus transparent. Il est donc possible de reconnaître à coup sûr les bâches qui ne se sont pas congelées d'emblée.

A ce sujet nous avons remarqué que le phénomène de surfusion se produit très-habituellement quand l'eau est contenue dans une enveloppe de verre bien propre et *qu'il n'y a pas de corps étranger dans la carafe* employée. Nous avons obtenu de l'eau à — 8° sans qu'elle se congèle, même *vivement agitée* par un mouvement de rotation. Si la carafe présente quelque aspérité sur le fond ou dans les angles, la surfusion est presque impossible à obtenir. On la fait brusquement cesser soit en trempant dans l'eau une baguette de bois ou de métal, soit en y jetant la moindre parcelle de givre ou de glace. On voit immédiatement apparaître les arborescences qui envahissent tout le liquide et se développent d'autant plus vite que la température est plus basse.

Voilà les principaux caractères de la formation de la glace à une température de — 5°, température normale dans le fonctionnement de nos machines à froid.

Si nous répétons les mêmes observations avec un bain beaucoup plus froid, — 20° par exemple, nous ne voyons plus ces différences.

A peine la bâche contenant de l'eau à + 15° est-elle plongée dans le bain froid que l'on sent déjà une mince

couche de glace se former contre les parois, une seconde suffit pour l'apparition des premiers cristaux de glace. L'absorption de chaleur au travers des parois métalliques est si intense que la conductibilité de l'eau ne permet pas aux couches périphériques de recevoir autant de chaleur qu'elles en perdent, elles se congèlent donc et ne fondent pas, bien que la température de l'eau à l'intérieur soit notablement au-dessus de 0°.

Ce n'est guère que douze à quinze minutes plus tard après l'immersion que toute l'eau est à 0°.

Ce que nous venons de dire suffit pour montrer que dans ce cas-là il ne se forme jamais d'aiguilles pénétrant dans l'intérieur de la masse liquide, la congélation part des surfaces et chemine rapidement vers le centre.

Toutes les bâches congèlent de même et il n'y a plus de différences entre elles.

Si, au contraire, nous mettons des bâches dans des bains moins froids, compris entre — 5 et 0°, tous les phénomènes que nous avons décrits s'accentuent encore davantage et donnent à la glace formée des apparences différentes.

Le caractère principal que l'on peut observer c'est que, lorsque la glace se forme à des températures supérieures à — 5° dans le bain incongelable, elle devient de plus en plus translucide et transparente et qu'elle s'éclaircit sensiblement, de blanche elle devient à peu près incolore et arrive même à être absolument limpide comme du cristal, quand le bain incongelable est maintenu seulement à — 1° ou — 1°,5. Il est vrai que dans ce cas la glace se forme avec une extrême lenteur comme cela se passe sur les étangs en hiver. Il faut quarante-huit heures

au moins pour obtenir une épaisseur de 7 à 8 centimètres.

Dans ces conditions, si une bâche présente le phénomène de surfusion, bien que l'eau soit absolument pure, on pourra la laisser plusieurs jours dans le bain sans qu'elle congèle, ce que nous avons pu observer maintes fois spécialement avec des carafes. Si nous reprenons l'ensemble des observations qui précèdent, voici ce que l'on en peut conclure :

1° Lorsque la glace se forme sous l'action d'un froid modéré variant entre 0° et — 1°,5 pour le liquide incongelable, elle est transparente comme du cristal et ressemble en tous points à de la glace naturelle, telle qu'on la récolte sur les étangs.

2° Quand le liquide incongelable a une température plus basse que — 3°, la glace formée est constamment blanchâtre, opaque et possède une densité moindre que la glace transparente. Plus le froid est vif, plus la teinte blanche s'accentue et plus la densité diminue.

3° La cohésion de la glace a son maximum avec son maximum de transparence ; plus la teinte blanche est prononcée, plus facilement aussi on peut briser la glace et la casser en menus morceaux.

4° Au point de vue de la fonte, toutes ces sortes de glaces sont sur le même pied sans aucune différence appréciable lorsqu'on les compare à égalité de poids.

Nous avons cherché à nous rendre compte des différences si grandes que l'on constate dans la glace suivant les températures du bain qui sollicite sa formation : pour cela il faut étudier au microscope des morceaux de glace de diverses provenances, ce qui est facile. On profite d'un jour d'hiver où la température ambiante est au-dessous

de 0° et l'on taille un bloc en tranche mince avec un rasoir, ce qui ne présente pas de difficulté.

Réduite à l'état de feuillet, cette glace blanche et opaque en bloc, devient presque aussi claire que du verre, mais on découvre aisément des quantités de petites bulles d'air incorporées dans la masse des cristaux; la plupart sont très-petites, mais leur diamètre varie considérablement de l'un à l'autre (les diamètres sont compris entre $^1/_{100}$ et $^1/_2$ millimètre).

Ces bulles d'air sont plus ou moins grosses, plus ou moins abondantes et disposées plus ou moins régulièrement, suivant la température du bain froid.

Pour la glace qui a été produite dans un bain à — 20° on trouve que les globules d'air sont de toutes les dimensions, mais ils encombrent la masse; ils sont placés sans ordre, pressés les uns contre les autres; on voit clairement que la congélation a été si rapide que l'air dissous dans l'eau a été mis en liberté au même moment qu'une enveloppe de glace s'est formée pour le retenir captif dans le réseau de cristaux qui l'emprisonnent. Les globules grands et petits n'ont pas eu le temps de se détacher mais sont restés presque en totalité englobés dans le bloc de glace. Ce sont ces millions de petites sphères d'air qui produisent cette teinte blanche bien marquée en diffusant la lumière dans toute la masse.

Quand on examine de la glace produite dans un bain moins froid, à — 5° par exemple, on distingue deux espèces de lacunes pleines d'air; les unes sont sphériques et ressemblent à celles dont nous venons de parler, variables de diamètre et de position; les autres lacunes sont *filiformes* et *tubulaires*, dirigées toujours de la surface extérieure au centre; ces dernières sont régulière-

ment d'un calibre relativement gros, $^1/_4$ à $^1/_2$ millimètre.

Ces tubes se distinguent facilement dans le bloc avant qu'on ait taillé la préparation.

Aux quatre angles ces tubes se rencontrent sur le plan de réunion des deux faces perpendiculaires l'une sur l'autre; ils deviennent ainsi de plus en plus courts à mesure qu'on se rapproche des arêtes du bloc; dans la partie médiane des faces parallèles, ces tubes pénètrent jusqu'à la moitié de l'épaisseur totale.

Dans presque tous les pains de glace fabriqués industriellement la présence de ces tubes est très-caractéristique et donne une apparence bien spéciale à la glace artificielle.

Cette structure de la glace, suivant la rapidité de sa formation, nous amène à conclure que *le plus ou moins d'opacité que l'on observe est dû uniquement aux globules d'air dont le nombre et la grosseur sont éminemment variables;* ces globules sont incorporés dans la masse et empêchent les rayons lumineux de traverser la glace comme elle le ferait au travers d'un corps transparent et homogène.

Quant à la formation des lacunes tubulaires dont nous venons de parler, voici comment nous nous en rendons compte : contre les parois métalliques des bâches, une première couche de glace se forme, sur laquelle une foule de globules d'air viennent s'attacher.

Or, l'air est moins bon conducteur de la chaleur que la glace, par conséquent tous les pourtours du globule d'air provoqueront la formation d'une nouvelle couche de glace, tandis que la surface du globule d'air dirigée vers le centre de la bâche, sera inactive. Ce globule d'air tendra par ce fait à créer un cylindre de glace dont le dia-

mètre sera égal au diamètre primitif du premier globule d'air formé ; les parties liquides cristallisées mettent assez d'air en évidence pour remplir constamment cette cavité croissante.

On remarque en effet une légère effervescence de l'eau dans toutes les bâches qui congèlent ; une quantité de petites bulles fort minimes, mais très-visibles, viennent constamment crever à la surface et ce sont celles que les parois retiennent captives qui déterminent soit les globules isolés, soit les tubes.

On comprend assez que les tubes ne prennent naissance que lorsque les bulles sont dès l'origine assez fortes, comme diamètre, car sans cela un cristal de glace de petites dimensions formé près de la bulle dans la paroi, suffirait à le traverser et pourrait servir de conducteur à la formation de nouveaux éléments.

Les tubes les plus petits que nous avons vus avaient au minimum un quart de millimètre de diamètre.

Afin de vérifier cette théorie sur les causes de l'opacité et de la teinte blanche de la glace, nous avons construit un appareil destiné à faire sortir de l'eau avant la congélation la quantité d'air qui s'y trouve toujours dissoute.

C'est un cylindre en cuivre assez épais, fermé à ses deux extrémités par des fonds bombés, capables de résister à la pression atmosphérique extérieure. Des ailettes sont fixées sur la surface intérieure de ce cylindre et une roue à palettes tourne dans l'intérieur de l'appareil, commandée du dehors par une poulie extérieure.

On remplit d'eau ce cylindre aux trois quarts environ, puis on agite et on bat l'eau par le jeu de la roue ; pendant ce temps une pompe aspirante fait le vide sur l'eau

qui est obligée de céder peu à peu tout l'air qu'elle contient.

Sans le mouvement de l'eau l'air ne se dégagerait que très-lentement et exigerait plusieurs heures d'expériences sans arrêt ; avec le battage de l'eau et l'action vive d'une pompe aspirante dont les soupapes ferment hermétiquement, au bout d'un quart d'heure la presque totalité de l'air est partie.

On pourrait également enlever l'air de l'eau par une ébullition de quelques instants, puis en laissant refroidir le liquide progressivement en vase clos.

Une fois cette eau privée d'air par la méthode du vide on la laisse s'écouler dans les bâches à glace en ayant soin de faire flotter sur la surface une petite planchette de bois qui touche presque les parois et n'en est séparée que par un intervalle d'un ou deux millimètres.

Cette planchette recouvrant la surface libre du liquide au moins dans la plus grande portion, ne laisse qu'une section très-minime au contact de l'air extérieur avec l'eau de la bâche et de cette manière il ne s'y redissout qu'à la longue dans un temps plus long que la congélation ne dure.

Lorsque l'on a un certain nombre de bâches remplies avec de l'eau privée d'air par ce procédé et qu'on les immerge dans le bain froid à —5° concurremment avec des bâches pleines d'eau ordinaire, on peut constater une notable différence dans l'aspect de la glace qui s'est formée dans ces deux séries de bâches.

La glace des moules contenant de l'eau sans air, n'est pas absolument transparente, mais toutes les vésicules d'air englobées dans la masse sont considérablement plus petites et par ce fait on ne distingue presque aucun tube

d'air dans l'épaisseur des parois ; par contre la partie centrale des blocs est beaucoup plus opaque que les portions périphériques et elle forme un noyau dont la teinte blanche tranche nettement avec les pourtours presque aussi transparents que de la glace naturelle.

Il semble que ce résultat confirme la théorie que nous avons exposée, qui consiste à attribuer uniquement à la présence de l'air dans la glace l'absence de transparence et la teinte blanche.

Voici cependant une expérience qui pourrait faire douter de l'exactitude de cette explication :

Lorsqu'on prend une bâche pleine d'eau privée d'air et qu'on l'immerge dans un bain froid dont on fait varier plusieurs fois la température de 0° à — 7° ou — 10°, en combinant ces variations de température de telle sorte qu'elles soient assez fréquentes pendant la congélation du bloc, on retire de la bâche une masse de glace composée d'une série de portions opaques et transparentes en nombre égal aux variations de température.

Les portions opaques sont échelonnées dans toute l'épaisseur du bloc et correspondent aux périodes de congélation qui ont été amenées par l'abaissement de température du bain froid ; les portions transparentes se forment tandis que la température du bain s'élève et se rapproche de 0°.

Dans cette expérience la partie centrale du bloc est toujours beaucoup plus opaque et plus blanche que les portions extérieures.

En sciant transversalement un bloc de glace obtenu dans ces circonstances spéciales, on distingue avec la plus grande netteté ces zones concentriques de parties successivement opaques et transparentes.

La plus visible analogie existe entre la section de cette masse de glace et l'apparence des énormes grêlons qui ont été observés à Genève lors du mémorable orage qui a dévasté le canton le 6 juillet 1875 ; peut-être y a-t-il dans la formation des grêlons des variations brusques de température et d'altitude qui expliqueraient le phénomène.

La présence de zones opaques dans les portions périphériques de ce bloc est étrange, car si l'on répète l'expérience en maintenant constamment la température du bain froid à un point inférieur au minimum atteint précédemment, toute la partie extérieure du bloc se forme transparente comme dans la première expérience. Il est donc impossible d'admettre que l'opacité de ces portions provienne d'une congélation trop rapide. Nous avons pensé un moment que la cause de cette opacité tiendrait aux conditions optiques des cristaux de la glace dont l'enchevêtrement serait gêné par ces variations de température. Le parallélisme des axes de cristallisation des parties élémentaires de la glace est nécessaire pour qu'elle soit transparente et qu'elle permette à la lumière de la traverser comme elle passe au travers d'un corps homogène. La moindre déviation dans l'ordre et la disposition de ces cristaux élémentaires suffit amplement pour expliquer l'abolition immédiate de la transparence.

Il y aurait donc deux causes principales dans l'opacité de la glace :

1° Présence d'une foule de globules d'air emprisonnés dans l'intérieur pendant la congélation du bloc de glace ;

2° Variation dans la position relative des cristaux élémentaires qui, au point de vue optique, détruit l'homogénéité du milieu et empêche la transparence.

A la première cause serait rapportée exclusivement la formation de la glace opaque et très-blanche qui est dans la partie médiane de toutes les bâches ; en effet cette portion du liquide est toujours saturée d'air au maximum, puisqu'elle est traversée par un courant continu de petites vésicules d'air qui sont mises en évidence au moment de la cristallisation.

La seconde cause expliquerait la teinte moins blanche que l'on observe dans de la glace formée au moyen d'eau privée d'air quand il y a des variations de température dans le bain froid pendant la congélation.

Nous devons ajouter que des expériences toutes récentes semblent infirmer d'une manière assez sérieuse la seconde cause que nous avons indiquée, sans cependant le renverser entièrement.

M. Th. Turrettini de Genève a trouvé que la glace se forme absolument limpide et claire et cela à toutes les températures même les plus basses, lorsqu'on fait passer dans la masse liquide un courant d'air qui produit un léger bouillonnement.

Pour obtenir ce résultat il suffit de laisser descendre dans la partie médiane d'une bâche, un tuyau de caoutchouc d'un petit diamètre qui reçoit constamment un courant d'air produit par le jeu d'une pompe de compression.

Les bulles assez volumineuses qui s'échappent du tuyau montent avec rapidité en rasant la surface latérale des bâches ; dans ce mouvement ascensionnel elles entraînent toutes les petites vésicules d'air qui sans cela seraient restées contre les parois dans la glace en formation.

Au moyen de ce procédé on peut faire baisser le bain

jusqu'à — 20° et obtenir malgré cela de la glace aussi pure et aussi transparente que du cristal de roche.

L'entraînement des petites sphères d'air par le contact des grosses bulles s'explique assez aisément par l'action des forces moléculaires.

Au point de contact de deux sphéres d'inégales dimensions, les surfaces qui se touchent ont des rayons de courbure extrêmement différents, d'autant plus inégaux que la différence des bulles d'air est plus grande. Il résulte de l'action spéciale de la capillarité que la rupture de la paroi liquide est nécessaire au point de contact et que de ce fait les deux sphères n'en font plus qu'une.

Une autre cause agit dans le même sens et tend à dégager toutes les vésicules d'air des parois où elles adhèrent, c'est le mouvement de l'eau provoqué par le passage du courant d'air. La résistance que ces bulles éprouvent sur leurs parois est supérieure à leur adhérence sur les cristaux de glace. Le courant de l'eau les pousse et les contraint de regagner la surface. C'est ainsi que la glace est entièrement débarrassée de toute trace d'air, c'est l'application du principe de l'*entraînement de l'air par l'air* ainsi que l'a dénommé M. Turrettini.

En Angleterre, des machines à glace produisent de la glace très-transparente sans cependant être absolument limpide, par l'emploi unique de l'agitation de l'eau au moyen d'un système de palettes qui sont constamment en mouvement dans l'intérieur du liquide.

Nous avons refait avec ce procédé la congélation d'un pain de glace en faisant varier pendant l'opération la température du bain froid; la glace produite est restée absolument transparente et il était impossible de s'aperce-

voir d'aucune différence dans la structure ni dans l'apparence des couches du bloc.

On pourrait déduire de là que *la présence de l'air seule et à l'exception de toute autre cause* produit l'opacité de la glace ; cependant les conditions de congélation dans les deux expériences ne sont pas assez identiques pour que cette conclusion soit absolue. Le mouvement de l'eau et le passage d'un courant d'air dans l'intérieur du liquide pourraient être des facteurs nouveaux qui ne permettent la cristallisation de l'eau que dans des conditions telles que les cristaux élémentaires restent parallèles. De là la transparence de la glace.

Dans la neige et le givre les aiguilles de glace sont séparées par de grandes lacunes pleines d'air, et c'est à cette même cause qu'ils doivent leur éclatante blancheur.

Lorsque ces particules de glace formées librement dans l'atmosphère, soit dans les nuages, soit contre le branchage des arbres, sont fortement comprimées les unes contre les autres et maintenues sous cette pression pendant un temps suffisamment prolongé, on voit peu à peu tous les cristaux se rapprocher, grâce à la plasticité de la glace. Au bout d'une certaine période, l'air englobé entre les particules solides se dégage progressivement et abandonne la place, ce qui rend la neige comprimée de plus en plus transparente.

Dans les remarquables expériences de MM. Mousson et Tyndall, sur la plasticité de la glace et sa fusion sous l'effort de fortes pressions, on remarque toujours que la glace qui sort des moules ayant subi des pressions énormes est constamment très-transparente et parfaitement compacte.

Au point de vue de la *quantité de chaleur* qu'absorbe

un kilogramme de glace pour passer à l'état liquide, il nous a été absolument impossible de trouver la plus légère différence entre les diverses glaces essayées; par contre il se présente quelques écarts dans la fonte de la glace sous le rapport du *temps* nécessaire pour obtenir une fusion complète.

Les deux éléments principaux qui semblent être prépondérants dans cet ordre de faits, sont :

La surface extérieure des morceaux de glace, variable suivant leur forme et leur poids.

La nature de la chaleur qui provoque la fusion de la glace.

Étant donnés un kilogramme de glace transparente et un kilogramme de glace opaque, la première fondue est celle dont la surface extérieure est maximum, en supposant que ce soit l'action de la température ambiante seule qui agisse.

Si les deux blocs de glace ont la même dimension et qu'on les expose à une source de *chaleur obscure*, ils fondent sensiblement en même temps; mais si la chaleur est lumineuse, semblable à celle qui nous vient du soleil, le bloc de glace opaque sera fondu le premier et cela avec une notable avance sur son voisin.

En effet la glace transparente a la propriété de laisser passer très-facilement la chaleur lumineuse pour laquelle elle est très-diathermane, aussi une bonne partie des rayons lumineux solaires traverseront le bloc transparent sans s'y arrêter et sans y exercer d'action calorifique; dans le bloc opaque, au contraire, les rayons solaires opéreront une désagrégation complète à laquelle nous avons donné le nom de *fonte molle* en opposition avec la

fonte dure qui se produit toujours quand la chaleur est uniquement obscure.

Cette fonte molle provient de ce que toutes les petites vésicules d'air sont des centres de fusion ; elles reçoivent de la chaleur lumineuse, et la transforment en chaleur obscure qui agit sur la couche de glace autour de la vésicule et travaille à la fondre. La glace est remplie de petites poches liquides au bout de quelques moments, aussi elle perd toute espèce de dureté, on l'écrase entre les doigts sans effort, ce n'est plus qu'un mélange de particules de glace et d'eau.

On voit un exemple frappant de cette différence caractéristique entre les deux espèces de glace, sur les étangs où l'on patine en hiver. Au mois de février, quand le soleil a pris déjà une certaine puissance, il est possible de patiner sur une glace excellente et très dure à condition qu'elle soit parfaitement transparente, le soleil chauffe le fond de l'eau mais ne touche pas à la glace. Si par endroits la glace est opaque, toute la couche supérieure est désagrégée et il est de toute impossibilité de passer en patin sur ces parties tout à fait ramollies.

La glace est adiathermane pour la chaleur obscure, aussi la couche extérieure seule fond sous son action. Les deux espèces de glace conservent donc leur ténacité lors même qu'elles fondent rapidement. C'est ce que l'on constate en mettant dans un verre d'eau même très-chaude des morceaux de glace opaque ou transparente. Ils fondent plus ou moins rapidement mais restent durs jusqu'à la fin.

Ces diverses considérations montrent à quel point les préjugés des différentes villes d'Europe sont mal fondés lorsqu'ils préconisent l'une ou l'autre espèce de glace. A

Naples, la population croit que la neige du Vésuve a des propriétés réfrigérantes à nulle autre pareilles et il sera bien difficile d'arriver à y faire adopter la belle glace transparente de Norwége ou la glace artificielle ; d'un autre côté à Paris et dans une bonne partie de l'Allemagne, on ne veut pas entendre parler de glace opaque « qui a du goût, qui fond beaucoup trop vite et ne fait pas de froid. » Toutes ces fausses idées viennent de sentiments préconçus qui ne reposent sur aucune base solide. Il nous semble que le véritable argument qui milite en faveur de la glace transparente, c'est l'impression tout particulièrement agréable qu'elle produit sur la vue et la certitude qu'elle donne de sa parfaite pureté.

Pour terminer ce qui concerne cette question, nous aimerions donner quelques chiffres sur les variations de la densité de la glace suivant les conditions de sa formation, mais ces résultats ne sont pas encore assez exacts et nous pensons continuer cette étude par la détermination des indices de réfraction de la glace transparente aux diverses températures.

Ces données numériques feront l'objet d'un prochain article.

RECHERCHES

SUR

QUELQUES MINÉRAUX NIOBIFÈRES ET TANTALIFÈRES

PAR

M. Marc DELAFONTAINE

I. *Samarskite des États-Unis.*

Sous le nom de Samarskite de Mitchell C° (Caroline du Nord) j'ai reçu plusieurs livres de deux minéraux qui se vendent à un prix assez bas par M. Stadtmüller à New-Haven et M. Foote à Philadelphie. Les fragments que j'ai eus entre les mains sont des masses compactes de 100 gr. et au-dessous, sans gangue ou avec un peu de feldspath altéré par ci, par là. Un très-petit nombre d'échantillons ont une couleur noir-foncé et une cassure conchoïde qui les fait ressembler à s'y méprendre à la gadolinite d'Ytterby; les autres sont brunâtres, moins conchoïdes dans la cassure et ressemblent beaucoup à l'euxénite de Tromoë; tous sont opaques sur les bords. Le poids spécifique est le même pour les deux variétés, comme il résulte des deux déterminations suivantes :

Minéral noir :

1g720 en petits fragments bien purs ont déplacé	0.315 d'eau.	P. sp. :	5.46
1g737 » » » » » » »	0.323 »	»	5.38
		Moyenne :	5.42

Minéral brun.

0g 610 en petits morceaux choisis ont déplacé	0.113 d'eau.	P. sp. :	5.39
1g 574 » » » » » »	0.291 »	»	5.41
		Moyenne :	5.40

Les déterminations ont été faites à + 15° C.

L'on trouve à la surface de quelques échantillons une croûte jaune-verdâtre, ressemblant un peu à l'yttrotantalite jaune et qui paraît contenir moins de fer ; il en sera plus amplement question ci-après ainsi que d'une autre croûte rouge-brunâtre trouvée sur et dans d'autres morceaux.

La seule analyse qui ait été publiée, à ma connaissance du moins, de la Samarskite de la Caroline du Nord, date de 1852 ; elle est due à M. S. Hunt qui trouva la composition suivante :

Nb^2O^5	U^2O^3	FeO	YO	(Ce La)O	Perte au feu	Total
54.81	17.03	14.07	11.11	3.95	0.24	101.21

Depuis lors, comme chacun le sait, MM. Marignac. Blomstrand et Rammelsberg ont montré que l'acide niobique est presque constamment accompagné d'acide tantalique dans ses composés naturels. M. Hermann continue d'insister sur la présence de son ilménium dans ces mêmes minéraux, et, de plus, l'on a signalé la thorine parmi les constituants de la Samarskite de l'Oural. Enfin, ajoutons que les échantillons décrits par M. Shépard et analysés par M. Hunt provenaient d'un autre comté que celui de Mitchell. Il m'a donc semblé intéressant de soumettre les constituants de la Samarskite à un nouvel examen dont le résultat se trouvera dans les lignes qui vont suivre.

Variété brunâtre.

J'ai fait plusieurs attaques de ce minéral, en opérant sur des quantités de 10 à 120 grammes à la fois. L'on peut se servir, soit du bisulfate, soit du fluorhydrate potassique; après avoir essayé l'un et l'autre, j'ai donné la préférence au dernier, quoiqu'il soit beaucoup plus coûteux, tant par lui-même qu'à cause des ustensiles de platine dont il nécessite l'emploi.

La Samarskite, pilée et passée au tamis de soie, est fondue avec trois fois son poids de fluorhydrate bien desséché, soit dans un grand creuset ou une large capsule; au bout de quelques minutes la décomposition est complète, et après le refroidissement on trouve un culot opaque vert turquoise clair. Ce verre grossièrement concassé est épuisé par de l'eau bouillante aiguisée au commencement et à la fin d'un peu d'acide fluorhydrique. Les fluorures des bases restent sur le filtre et peuvent être décomposés par l'acide sulfurique pour être soumis à l'étude dont il sera question plus loin. Toutes les liqueurs réunies et concentrées au point de cristallisation donnent une succession de produits différents tels que fines aiguilles, lamelles, aiguilles plus grosses, prismes rhomboïdaux basés et non modifiés, etc., qui pourraient faire croire à l'existence d'un assez grand nombre d'acides différents. Sans m'attacher à les séparer et à les étudier séparément, j'ai préféré réunir tous ces cristaux, les décomposer par l'acide sulfurique et reprendre la masse par de l'eau ammoniacale. Les acides métalliques lavés longuement à l'eau chaude, puis traités par le sulfure ammonique, etc., ont été redissous dans l'acide fluorhy-

drique et l'on y a ajouté un peu de fluorhydrate potassique. Par le refroidissement il s'est déposé des cristaux (A). Par de nouvelles additions de fluorure alcalin et des concentrations successives, on a obtenu les produits B C D E. Les premiers étaient des lamelles, les derniers des prismes rhomboïdaux, semblables au fluozirconate potassique, mais plus allongés. L'eau mère a été évaporée à siccité.

Les cristaux A, redissous dans une petite quantité d'eau bouillante, aiguisée d'une goutte ou deux d'acide H Fl, se sont transformés en fines aiguilles très-peu solubles à froid, dont la solution donne avec la noix de galles un précipité jaune. Ce composé est anhydre et donne près de 57 p. cent d'un acide blanc qui jaunit à peine par une forte calcination : c'est du *fluotantalate potassique.*

L'eau mère de ce sel étendue par les eaux de lavage, a servi à redissoudre les produits B et C qui se sont transformés par la recristallisation en minces lamelles nacrées assez solubles à froid et donnant un beau précipité rouge avec l'infusion de noix de galles. La dissolution des produits D et E dans l'eau mère du produit précédent a fourni de nouveau de petits prismes qui se sont changés en lamelles par recristallisation. Toutes les eaux mères ont été décomposées par l'acide sulfurique pour en retirer l'acide que l'on a mis à part pour un examen ultérieur.

Les fluosels lamellaires ci-dessus bouillis avec de l'eau pure ont rendu celle-ci légèrement trouble par suite de la décomposition d'une petite quantité de fluotantalate qu'ils retenaient encore.

Après filtration, la liqueur soumise à des cristallisa-

tions fractionnées n'a donné que des lamelles dont l'apparence, la réaction avec la noix de galles et la teneur en acide métallique, ne laissent aucun doute sur leur nature véritable. C'est du fluoxyniobate potassique. Les derniers cristaux étaient identiques aux premiers. La dernière eau mère cependant donnait avec la noix de galles un précipité un peu brunâtre, dû peut-être à la présence d'un peu de fer : l'acide qu'elle contenait a été ajouté à celui qui avait été mis à part pour un futur examen ; du reste, ces acides des résidus jaunissaient très-fortement par la calcination au rouge et redevenaient parfaitement blancs en refroidissant. Le poids total des acides métalliques dans la Samarskite s'élève à 50 p. cent environ, dont la moitié est de l'acide tantalique. Après les patients travaux de M. Marignac, il était bien superflu de rechercher dans mes produits la présence du soi-disant ilménium de M. Hermann. Cependant comme ce dernier chimiste maintient encore l'existence de son métal et même a décrit en 1871 encore une nouvelle méthode pour le séparer du niobium, je n'ai pas cru devoir négliger de faire quelques expériences à ce sujet. En voici un récit succinct.

1° Une portion des acides résiduels mentionnés plus haut a été dissoute avec un peu de potasse dans un grand excès d'acide fluorhydrique concentré et soumis à une cristallisation fractionnée. Les premiers produits tout comme les derniers, soigneusement examinés, se sont trouvés formés entièrement de fluoniobate $HFl, NbFl^5$ prismatique, sans mélange de fluotitanate lamellaire.

2° Suivant M. Hermann, pour s'assurer de la pureté du fluoilménate potassique, il faut le faire bouillir avec du fluorhydrate de sodium pour le transformer en composé sodique et le faire cristalliser. Le sel sodico-nio-

bique se sépare en prismes à quatre pans transparents, inaltérables à l'air, tandis que le fluoilménate de sodium cristallise en tables efflorescentes.

Craignant que ce procédé ne conduisît à la formation de sels sodico-potassiques sur la nature desquels le chimiste moscovite aurait pu se tromper, j'ai cru devoir y apporter une modification qui ne devait pas en changer le principe : au lieu de chercher à obtenir un mélange de fluosels potassiques, riches en ilménium, pour les faire bouillir ensuite avec du fluorhydrate sodique, j'ai préféré obtenir ce dernier directement en fondant mon acide métallique avec de la soude et reprenant par l'acide fluorhydrique. Je n'ai obtenu ainsi que des croûtes et des masses cristallines sans formes déterminées.

De plus, j'ai été curieux de soumettre une solution de fluosel potassique à une cristallisation à la très-basse température (entre — 12° et — 25° C) d'une des nuits d'hiver à Chicago; malheureusement le froid fut si intense cette fois-là que la masse tout entière fut prise, et depuis lors le temps s'est fortement radouci avant que j'aie renouvelé la tentative.

Enfin, un demi-gramme d'acide fondu avec un gramme et demi de fluorhydrate potassique et dissous dans de l'eau acidulée d'acide chlorhydrique (20^{cc} d'acide pour 230^{cc} d'eau) a été soumis à l'action réductrice du zinc : la liqueur n'a, en aucune manière et en aucun temps, pris de couleur bleue; l'acide métallique réduit s'est finalement déposé sous la forme d'une poudre noire.

Sans vouloir être plus positif que ne le veulent les résultats d'expériences délicates, qui n'ont pas été répétées plusieurs fois, je crois pouvoir conclure que les acides métalliques de la Samarskite que j'ai examinée, consis-

tent presque exclusivement en acides niobique et tantalique ; le soi-disant ilménium ne s'y rencontre pas et la présence du titane y est douteuse.

Bases de la Samarskite. Comme je l'ai dit plus haut, les fluorures des métaux basiques, étant insolubles, restent sur le filtre quand on épuise la masse d'attaque par l'eau bouillante. Cependant une très-petite quantité de fer et d'uranium sont enlevés par le lavage, surtout s'il est prolongé. Ce résidu insoluble a été décomposé par l'acide sulfurique et les sulfates ainsi obtenus dissous dans un grand volume d'eau. L'oxalate neutre d'ammoniaque en a précipité les métaux de la cérite et de la gadolinite.

Je crois que l'uranium doit exister dans la samarskite, surtout sous la forme de composé uraneux ; puisqu'il se retrouve presque tout entier parmi les fluorures insolubles, il doit y être à l'état de ce sel uranoso-potassique décrit en 1866 par M. Carrington Bolton. Ce chimiste a montré que le fluoxyuranate potassique se dissout en jaune dans l'eau ; si donc l'uranium était au maximum, on devrait le retrouver en entier dans la solution des fluoxyniobates, etc. Du reste, je n'ai pas examiné la question de plus près.

Les oxalates terreux, bien lavés et calcinés, ont laissé leurs bases à l'état de poudre fauve qui a été redissoute dans l'acide chlorhydrique et bouillie avec de l'alcool pour ramener le cérium au minimum. De ce mélange de chlorures, le sulfate de potasse a séparé les métaux de la cérite. M. Hunt n'indique pas le didyme parmi ces derniers. Cependant, sa présence se laisse constater aisément au spectroscope. Ce chimiste ne fait également pas mention de la thorine ; j'ai pourtant isolé cette base au

moyen de l'hyposulfite de soude. Combinée avec l'acide sulfurique, la terre obtenue m'a donné un sulfate dont les propriétés et l'analyse montrent l'identité avec celui qui m'avait servi à déterminer le poids atomique du thorium en 1863.

Mon attention s'est portée tout particulièrement sur l'yttria et ses congénères. Comme on le sait, j'ai toujours maintenu l'existence de l'erbine jaune découverte par Mosander et niée par M. Bunsen et M. Clève[1]. Je la retrouve en proportion plus forte dans la Samarskite de Mitchell County que dans la Gadolinite d'Ytterby, tandis que, par contre, l'erbine rose de M. Bunsen semble y être en quantité beaucoup moindre. Mes anciennes expériences répétées, variées et étendues, me font toujours rencontrer ce même produit avec des propriétés identiques et un poids atomique oscillant entre 95 et 100, parfaitement exempt de didyme, et contenant seulement une très-faible proportion de terre rose, comme le prouve le spectre d'absorption très-incomplet et affaibli que montre son nitrate sirupeux sous une épaisseur de 5 à 6 centimètres.

Dans une note antérieure, j'ai proposé d'appliquer au radical de cette terre jaune, le nom de Mosandrium, quoique ce soit le vrai erbium de Mosander ; ce changement me semblait justifié par la notoriété qu'ont les travaux de M. Bunsen et de M. Cléve et qui rend impossible d'enlever à leur terre rose son nom impropre d'*erbine,* sans créer une confusion regrettable. M. Marignac pense qu'il

[1] M. Marignac m'a informé par correspondance qu'il a repris l'étude de cette question, et après quelques hésitations, a fini par arriver à ce résultat que « l'existence d'une terre jaune spéciale lui semble absolument démontrée. » J'espère ne pas commettre d'indiscrétion en mentionnant ici cette communication privée.

serait préférable de ne pas créer un nouveau nom et qu'il vaut mieux compléter l'interversion des noms en appelant *terbine* la terre jaune (*erbine* Mosander non Bunsen), et *erbine* la terre rose (*terbine* de Mosander).

Je me rangerai volontiers à cet avis, quoique j'eusse aimé à rappeler d'une manière permanente la mémoire du chimiste patient et habile de Stockholm, dont les travaux étaient marqués au coin d'une si scrupuleuse exactitude ; en conséquence, j'abandonnerai le terme erbine jaune pour le remplacer par celui de terbine, et dans un mémoire en cours de préparation, je ferai connaître les principaux composés de cette base, son poids moléculaire et sa préparation.

II. *Sur les acides de l'Hermannolite.*

M. C. U. Shepard senior a décrit sous le nom d'Hermannolite une variété de niobite trouvée en petite quantité près du centre du village de Haddam en Connecticut. Les cristaux de ce minéral sont isomorphes avec ceux de la niobite et de la tantalite quoiqu'un peu différents quant à leur aspect extérieur et au développement des faces ; ils sont d'un noir plus mat et la même observation s'applique à leur poudre. La différence la plus marquée se trouve dans leur poids spécifique (5.32 env.), tandis que la niobite, trouvée dans le même village, sur la propriété de M. Brainard, pèse 6.08.

M. Shepard a trouvé dans l'Hermannolite : Acides métalliques 78.3. Oxyde ferreux 13.86. Oxyde manganeux 7.72. Étain traces.

Plus récemment, M. Hermann de Moscou, à qui le sa-

vant minéralogiste américain en avait envoyé quelques échantillons, en a donné l'analyse suivante :

Acide	hypotantalique	7.029
»	hypoilménique	14.917
»	niobeux	56.154
Oxyde	ferreux	12.560
»	manganeux	9.340

M. Shepard, ayant eu la bonté de me donner quelques grammes d'Hermannolite, j'ai pu en faire un examen chimique en vue de reconnaître la nature des acides qu'elle contient.

L'attaque du minéral s'est faite de la manière habituelle par le bisulfate potassique. Les acides métalliques, lavés soigneusement mais non calcinés, ont été dissous dans l'acide fluorhydrique avec addition de fluorure de potassium. Il s'est déposé d'abord du fluotantalate, puis du fluoxyniobate alcalin. Le poids de l'acide tantalique obtenu s'élevait à 16 p. cent de l'hermannolite. Le fluoxyniobate a été recristallisé et les derniers cristaux ainsi que les eaux mères décomposés par l'acide sulfurique. L'acide obtenu, fondu avec du fluorhydrate potassique et redissous dans de l'acide chlorhydrique étendu (eau 230cc, acide H Cl 20cc), a été traité par du zinc dans un ballon bouché par un bouchon muni d'un tube recourbé plongeant dans l'eau. La liqueur a dégagé de l'hydrogène et a pris une teinte brun-verdâtre sans trace de nuance bleue. Une seconde expérience faite exactement de la même manière a conduit au même résultat. Ceci semble indiquer l'absence d'acide titanique.

D'autre part, tout ce qui me restait d'acide niobique de l'Hermannolite a été transformé en fluoniobate K Fl,

$NbFl^5$ en présence d'un excès d'acide fluorhydrique et soumis à des cristallisations fractionnées. Les premiers produits tout comme les derniers consistaient en fines aiguilles prismatiques qui se décomposaient dans l'eau et se transformaient de nouveau en fluoxyniobate lamellaire dont la solution précipitait la teinture de noix de galles en beau rouge vermillon. Sans vouloir nier absolument la présence de l'acide titanique dans l'Hermannolite, je crois que la proportion doit en être tout à fait petite.

Le fait que la niobite de chez Brainard a une densité notablement plus élevée que celle de l'Hermannolite, s'explique du reste aisément. En effet, des échantillons de cette première, que je dois également à la bonté de M. Shepard, m'ont donné 37,25 p. cent d'acide tantalique De plus, il est bien possible que nous ne connaissions pas la densité vraie de l'Hermannolite. Ce qui me conduit à cette supposition est la découverte que j'ai faite de petits cristaux étrangers dans l'intérieur de ce minéral. Du moins, un cristal qui présentait l'apparence de celui figuré dans la minéralogie de M. Dana (éd. de 1870), p. 516, fig. 428, ayant reçu un choc de marteau, s'est clivé longitudinalement en deux morceaux. La surface de cassure de l'un d'eux présentait en saillie le pointement octaédrique d'une substance brun-jaune ressemblant à l'acide stannique naturel, tandis que l'autre montrait le creux dans lequel ce cristal étranger était logé. Malheureusement, je n'ai pas pu l'isoler pour en faire l'étude.

Je crois pouvoir conclure de mes expériences que l'hermannolite ne diffère pas spécifiquement de la niobite. Sa teneur, moindre en acide tantalique que celle de la plupart des variétés analysées jusqu'à présent, la rapproche du type de l'espèce qui est presque réalisé dans celle du

Groënland[1]. Quant à son aspect plus mat et à la couleur plus foncée des cristaux et de la poudre, ils ne suffisent pas pour caractériser une espèce minérale.

Bibliographie : *C. U. Shepard,* sur l'Hermannolite. Am. Journ. of science, t. L, p. 90, July 1870, et *Hermann,* Analyse de la même. Même journal, février 1876.

[1] La niobite de Portland (Mass.) et de Middletown (Conn.), dont j'ai reçu une certaine quantité de M. Stadtmuller à New-Haven, m'ont donné respectivement 22.6 et 20 p. cent d'acide tantalique.

BULLETIN SCIENTIFIQUE

PHYSIQUE.

P.-F. DENZA BARNABITA. — OSSERVAZIONI... OBSERVATIONS DE LA DÉCLINAISON MAGNÉTIQUE PENDANT LES ÉCLIPSES DE SOLEIL (*Atti dell'Accademia dei Nuovi Lincei*, juin 1876).

Les *Archives* ont précédemment rendu compte des recherches du P. Denza sur une prétendue connexion entre les éclipses solaires et le magnétisme terrestre [1]; recherches qui l'avaient conduit à un résultat négatif. L'auteur vient de publier deux nouvelles séries d'observations faites pendant les éclipses du 9-10 octobre 1874, et du 29 septembre 1875; elles confirment les précédentes et montrent que ce phénomène astronomique est sans influence sensible sur la marche diurne de l'aiguille de déclinaison.

CHIMIE.

RÉSUMÉ DES TRAVAUX
PRÉSENTÉS A LA SOCIÉTÉ DE CHIMIE DE ZURICH
en mars et avril 1877

Annaheim. ACTION DE L'ACIDE SULFURIQUE FUMANT SUR LA RÉSORCINE. — *W. Knecht*. DENSITÉ DE VAPEURS DE L'ISOPROPYLCARBAMINE ET DE LA NITROSODIÉTHYLAMINE. — *Weith*. SALICINE DANS L'URINE. — *J. Berger*. DÉRIVÉS SULFURÉS DU CYMÈNE.

M. Annaheim a déjà publié dans les « Berichte de Berlin, » vol. VI et IX, les résultats qu'il avait obtenus en faisant agir

[1] Voyez *Archives*, 1874, t. XLIX, p. 134.

une molécule d'acide sulfurique fumant sur deux molécules de phénol ou de crésol; dans le premier cas il se formait de l'oxysulfobenzide, dans le second, une substance se dissolvant dans l'acide acétique glacial avec une couleur rappelant celle de la fuchsine, et qui n'a pas encore été étudiée.

Il était intéressant d'observer l'action de l'acide sulfurique sur des dérivés bihydroxylés, par exemple sur la résorcine; à cet effet l'auteur a chauffé pendant deux heures au bain d'huile entre 120 ° et 130°, deux molécules de résorcine et une molécule d'acide fumant dans l'espérance d'obtenir une dirésorcinesulfone suivant l'équation :

$$2\,C_6H_4(OH)_2 + SO_4H_2 = \begin{matrix} C_6H_3(OH)_2 \\ C_6H_3(OH)_2 \end{matrix}\Big\} SO_2 + 2\,H_2O$$

Au bout de peu de temps le mélange devient rouge foncé puis se transforme en une masse ayant des reflets verdâtres métalliques, et qui devient solide par le refroidissement. L'eau à l'ébullition n'en dissout qu'une faible portion et laisse une résine soluble dans l'alcool, l'acide acétique glacial, et les alcalis avec une couleur rouge; la dissolution dans l'ammoniaque présente une remarquable fluorescence analogue à celle de la fluorescine. La matière colorante est précipitée de sa dissolution alcoolique par l'eau. Par l'action du brome ou de l'iode, on obtient de nouvelles combinaisons qui sont aussi fluorescentes. Ce corps renferme du soufre mais n'a pas encore été analysé quantitativement.

M. W. Knecht s'occupe dans le laboratoire de M. le prof. Meyer d'établir la densité de vapeurs d'une série de corps dont le poids moléculaire n'est pas définitivement établi. Il recherche en particulier si les isocyanures ou carbylamines, sont des métamères ou des polymères des nitriles. Pour cet essai il a choisi l'isopropylcarbamine, qui d'après les recherches de Gautier s'obtient facilement à l'état de pureté: il a obtenu pour la densité de vapeur.

	calculé		trouvé	
C_3H_7NC	2.38	2.42	2.64	2.38

M. Knecht étudie aussi à ce point de vue les nitroso-dérivés. Il est en effet curieux que ces corps soient, du moins en général, moins stables que les dérivés nitrés; les premiers renfermant le groupe — $N = O$ tandis que les seconds renferment le groupe — $N \genfrac{}{}{0pt}{}{- O}{- O} >$ ou — $N \genfrac{}{}{0pt}{}{= O}{= O}$ à première vue il semblerait que cela devrait être plutôt le contraire. Si les dérivés nitrosés possédaient un poids moléculaire plus élevé cela serait moins étonnant. En outre on remarque que l'introduction d'un groupe NO dans une substance organique influe sur sa volatilité d'une manière qui n'est pas toujours la même; ainsi, tandis que son introduction dans l'alcool en remplacement d'un hydrogène abaisse le point d'ébulition de 62°, son introduction dans la diéthylamine élève au contraire le point d'ébullition de 120° et cependant le poids moléculaire ne doit pas être doublé, comme le prouvent les résultats obtenus par M. Knecht.

Densité de vapeurs.	Calculée pour $N(C_2H_5)_2NO$;	trouvée
	3.53	3.36 et 3.35

M. Knecht continue ces recherches.

M. Weith en examinant les urines d'un patient auquel on avait donné de la salicine, en a retrouvé une certaine quantité inaltérée, ainsi que de l'acide salicylique.

M. J. Berger a fait des recherches dans le laboratoire de M. Meyer sur les dérivés sulfurés du cymène. Le cymène sulfamide $C_{10}H_{13}.SO_2NH_2$ obtenu par l'action de l'ammoniaque en dissolution alcoolique sur le sulfochlorure de cymène à 120°—140°, forme de petites feuilles incolores solubles dans l'eau bouillante et fusibles à 110°.

	calculé	trouvé
$C_{10}H_{13}.SO_2\text{-}NH_2$	N : 6.57	6.40

Le sel d'argent obtenu en ajoutant à une dissolution aqueuse bouillante de cymène sulfamide, une dissolution aqueuse bouillante également d'une molécule d'acétate d'argent, sous forme d'un précipité blanc, a pour formule

$C_{10} H_{13} SO_2 NHAg$

	calculé	trouvé
Ag	33.75	33.98

L'acide cymène-sulfureux $C_{10} H_{13}. SO_2 H$ a été préparé par la méthode d'Otto et Schiller, en chauffant modérément le sulfochlorure de cymène avec de l'eau et de la limaille de zinc, le sel de zinc fut transformé en sel de soude, celui-ci décomposé par l'acide chlohrydrique ; on extrait l'acide par l'éther et on l'obtient sous forme d'un sirop peu soluble dans l'eau. Cet acide dissous dans la quantité voulue d'ammoniaque donne les réactions suivantes :

avec	$Cu SO_4$	précipité	vert clair
	$Pb (C_2H_3O_2)_2$	»	blanc
	$Ag NO_3$	»	blanc
	$Co (NO_3)_2$	»	rougeâtre
	$Cd. SO_4$	»	jaunâtre

Les sels d'argent, de cuivre, de plomb et de potasse ont été analysés.

Le sel de potasse cristallise de sa dissolution aqueuse : à 170° il perd $3^1/_2$ Aq.

Les éthers de cet acide n'ont pas pu être obtenus à l'état de pureté ; si l'on traite le sel d'argent par l'iodure d'éthyle ou l'iodure de propyle normal on obtient des sirops qui ne sont pas volatils sans décomposition.

Moritz Traube. De la fermentation alcoolique dans une atmosphère ne renfermant pas d'oxygène (*Berichte de Berlin*, X, p. 511.)

Des dernières recherches de ce savant il ressort : 1° que la levure peut vivre et s'accroître dans une atmosphère privée d'oxygène comme l'a découvert Pasteur ; 2° qu'il faut pour que ce phénomène ait lieu que le liquide renferme du sucre et des principes albuminoïdes en outre des subtances minérales favorisant la végétation de la levure, un sel ammoniacal (tartrate), phosphate acide de potasse et sulfate de

magnésie. En effet, contrairement à l'assertion de Pasteur, si les principes albuminoïdes font défaut, la levure dans une atmosphère privée d'oxygène est incapable de prendre l'oxygène au sucre et de s'accroître; d'un autre côté Traube reconnaît s'être trompé en admettant que la levure peut s'accroître dans ces conditions aux dépens des principes albuminoïdes en l'absence de sucre. Il faut la présence simultanée de tous les deux.

R. Gnehm et K. Forrer. Préparation d'un acide disulfotoluol. (*Berichte de Berlin*, X, p. 542).

Ces chimistes placent dans un grand ballon 3-4 parties d'acide sulfurique cristallisé (ac. disulfurique ?) qu'ils font fondre au bain marie, puis ils ajoutent peu à peu une partie de toluol : la réaction est vive, et la température s'élève ; on chauffe ensuite deux heures à 150°-180° et peu du temps à 200°, puis on verse le tout dans l'eau et sature par de carbonate de baryte, filtre et concentre; le sel de baryte qui cristallise est repris par un peu d'eau et précipité par l'alcool à l'état cristallin; la formule de ce sel est

$$C_6H_3 \left\langle \begin{matrix} CH_3 \\ \left. \begin{matrix} SO_3 \\ SO_3 \end{matrix} \right\rangle Ba \end{matrix} \right. + H_2O;$$

l'eau de cristallisation n'est chassée qu'au-dessus de 100°. Le sel de potasse n'est pas aussi soluble que celui de barium, il renferme également une molécule d'eau qu'il perd à 165°.

Si l'on fait agir le pentachlorure de phosphore sur le sel de potasse on obtient le chlorure de l'acide qui se dépose de sa solution dans l'éther sous forme de cristaux prismatiques fondant à 52°. Ce chlorure traité par l'ammoniaque en dissolution alcoolique se transforme facilement en amide ; ce sont des prismes solubles dans l'eau et l'alcool, fusibles à 185°-186°.

Cet acide disulfotoluol est identique avec celui obtenu déjà par Blomstrand et il était à prévoir que fondu avec de la

potasse il ne donnerait pas d'orcine, en effet par cette réaction on obtient de l'acide salicylique et de l'α isorcine.

V. Merz et W. Weith. NITRILES DE LA SÉRIE AROMATIQUE. (Zurich, Université. *Berichte de Berlin*, X, p. 746.)

De ces recherches il ressort : 1° que les dérivés halogènes. des carbures d'hydrogène aromatiques réagissent directement avec les cyanures ; 2° qu'on peut également obtenir des nitriles par substitution dircte, en faisant réagir du cyanogène sur les carbures, et 3° qu'ils ne se produisent pas par l'action des dérivés halogènes du cyanogène sur les carbures ; il y a bien réaction mais les produits sont de l'acide cyanhydrique et le dérivé halogène du carbure.

Mlle *L. Sesemann*. loc. cit. acides benzyl et dibenzyl-acétique dont les éthers ont été obtenus par les réactions suivantes.

$$CH_2Na\ COOC_2H_5 + C_6H_5CH_2Cl =$$

$$C_6H_5.CH_2.CH_2.\ COO.C_2H_5 + Na\ Cl;$$

$$\text{et } CH.Na_2\ COOC_2H_5 + 2\ C_6H_5CH_2Cl =$$

$$\begin{matrix} C_6H_5 - CH_2 \\ C_6H_5 - CH_2 \end{matrix} \rangle\ CH\text{-}COOC_2H_5 + 2\ Na\ Cl$$

L'acide monobenzyl-acétique est identique avec l'acide hydrocinnamique.

L'acide dibenzyl-acétique n'est pas soluble dans l'eau et fond à 85°.

Si l'on distille son sel de baryte avec de la chaux sodée on obtient le dibenzylméthan.

$CH_2 \langle \begin{matrix} C_7H_7 \\ C_7H_7 \end{matrix}$ liquide incolore d'une odeur agréable ne se solidifiant pas à 20° et passant à l'ébullition au-dessus de 300°.

Le carbure peut être nitré ou bromé facilement.

A. Weber. DÉRIVÉS DE LA DIMÉTHYLANILINE. (*Loc. cit. diss. inaug.* Zurich, 1876.)

Par l'action de l'acide nitrique sur la diméthylaniline dissoute dans l'acide acétique, M. Weber obtient : 1° une nitrodiméthylaniline 1.4 différente de celle obtenue par Schraube et Bæyer[1] ; 2° une binitrodiméthylaniline, aiguilles fusibles à 78.5; par l'action du brome il obtient un dérivé monobromé fusible à 55°, qui par l'action de l'acide chlorhydrique à 200° donne du chlorure de méthyle et la monobromaniline 1.3 fusible à 16° ; par l'action de l'iode sur la diméthylaniline dissoute dans le sulfure de carbone, M. Weber obtient le dérivé mono-iodé fusible à 79°. Ce corps chauffé peu de degrés au-dessus de son point de fusion se transforme subitement en une masse foncée, soluble dans l'alcool avec une belle couleur violette, analogue à celle du violet de méthyle de Poirier; cette substance est probablement le triiodure de rosaniline tétraméthylée. $C_{24}H_{27}N_3.3HI$.

F. Krafft. ACTION DE L'ACIDE CHLOREUX SUR LA BENZINE. (*Berichte*, X, 797. Bale, Université.)

Ces recherches démontrent que l'acide trichlorphénomalique de Carius n'est pas autre chose que le trichlorhydroquinone $C_6Cl_3H_3O_2$ qui par l'acide nitrique donne le trichlorquinone fusible à 165°-166°. Parmi les autres produits de la réaction primitive M. Krafft a réussi à isoler du trichlorquinone et un nouveau dichlorquinone fusible à 164° qui, réduit par l'acide sulfureux donne un dilchorhydroquinone fusible à 172°. Il est donc prouvé qu'on peut obtenir directement du phénol en partant des carbures dans ces conditions

[1] Berichte, VIII, 620, et VII, 811.

particulières et M. Krafft croit pouvoir avancer qu'il est probable que dans les réactions oxydantes qui doivent donner naissance à des quinones, kétones ou aldéhydes, il se forme d'abord des dérivés hydrogénés qui d'ailleurs étant peu stables, ne peuvent que rarement être isolés.

F. Krafft. ACTION DU CHLORE SUR L'IODURE D'HEXYLE. (*Berichte*, X, 801, Bâle.)

L'iodure d'hexyle traité sous pression par le trichlorure d'iode fournit à côté d'hexachlorure de benzol, de chlorure de méthyle et d'éthyle perchloré, une substance C_4Cl_6, que l'auteur nomme *perchlormésol ;* ce sont de fines aiguilles fusibles à 39° et passant à l'ébullition entre 283 et 284°, l'odeur rappelle celle de l'essence de térébenthine. A ce travail sont jointes des considérations théoriques sur la chloruration complète des substances organiques.

ZOOLOGIE, ANATOMIE ET PALÉONTOLOGIE

J. L. NEWBERRY. SUR LES DINICHTHYS, GENRE NOUVEAU DE POISSONS DÉVONIENS. (*Geol. Surwey of Ohio. Paleontology*, I et II.)

Les volumes publiés par le Surwey de l'Ohio renferment, de même que ceux des États avoisinants, des monographies importantes accompagnées de planches nombreuses généralement bien exécutées. La nature de ces travaux fait qu'ils ne se prètent que rarement à une analyse sommaire, aussi nous contenterons-nous d'attirer ici l'attention des lecteurs des *Archives* sur un genre intéressant de poissons décrits par M. Newberry.

Comme on le sait, Owen, suivi en cela par Huxley, a créé un ordre de Protoptères (*Dipnoi*, Huxl.) pour le genre *Lepidosiren*, qui joint à des caractères incontestablement ichthyologiques, des traits de structure qui le rapprochent beaucoup des batraciens perennibranches. Paul Gervais et d'autres, au contraire, classent le type de cet ordre parmi les ganoïdes. Quant à M. Günther, il va encore plus loin et il pense que les *Dipnoi* ne sont au plus qu'un sous-ordre des ganoïdes et que ces derniers devraient être réunis aux plagiostomes (élasmobranches) pour former avec eux un seul ordre, celui des *Palæichthyes*, caractérisé par un cœur pourvu d'un bulbe artériel contractile, un intestin à valve spirale et des nerfs optiques non croisés.

La découverte faite il y a peu d'années du *Ceratodus Fosteri* semble en effet atténuer la valeur de l'ordre des Dipnoi. Ce poisson, qui se rapproche beaucoup du Lépidosiren par son appareil respiratoire, s'en éloigne au contraire par la structure du cœur qui est tout à fait ganoïde, puisqu'il est formé de deux cavités seulement avec un bulbe artériel; de plus l'intestin est pourvu d'une valve spirale. Le genre *Dinichthys*, qui fait l'objet de la présente notice, est un type nouveau qui réunissant en lui-même les caractères ostéologiques des lépidosirènes et ceux des placodermes (ganoïdes cuirassés), fournit un argument de plus en faveur de l'opinion de M. P. Gervais et établit une transition nouvelle entre les divers groupes de ganoïdes.

Ce qui suit va le montrer :

Outre sa grande taille (un crâne mesure trois pieds de long sur deux de large), le Dinichthys est remarquable surtout par sa dentition. La mâchoire inférieure se compose de mandibules massives dont les extrémités postérieures sont arrondies et plates. La partie antérieure de chaque mandibule est repliée en haut de manière à former une sorte de dent forte, aiguë et proéminente; derrière cette dent, la mâchoire est épaissie par une saillie osseuse, placée en de-

dans, et qui se termine en avant par une projection triangulaire semblable à une dent; au delà de cette projection, le bord de la mandibule est comprimé sur une longueur de cinq ou six pouces, et consiste en un os très-dense comme de l'émail : dans une espèce, ce bord est uni quoique tranchant, dans une autre il est dentelé par des pointes coniques longues d'un demi-pouce.

La mâchoire supérieure consiste en deux prémaxillaires triangulaires faisant comme deux grandes incisives, suivis de deux maxillaires à bord inférieur tranchant ou dentelé. Cette structure se rapproche considérablement de la dentition du Lépidosiren et du Coccosteus ; la ressemblance est encore plus frappante quand on compare les dessins représentant ces trois formes. Malheureusement la partie supérieure du crâne étant mal connue, on ne peut savoir si les os appelés prémaxillaires par M. Newberry sont ou ne sont pas les homologues des nasaux dentifères du Lépidosiren; quant à la ressemblance des mandibules, elle est aussi complète que l'on peut la désirer.

Le corps des Dinichthys était recouvert d'une cuirasse composée de plaques tout à fait semblables à celles du *Coccosteus decipiens*, en même nombre, arrangées d'une manière presque identique; les seules différences qu'une comparaison des figures laisse voir se trouvent dans l'étroitesse un peu plus grande de ce bouclier et dans la terminaison en une sorte de pointe du coin extérieur des plaques postérieures.

Les mâchoires du Dinichthys présentent plusieurs points de ressemblance avec celles du Coccosteus, mais il n'en est pas de même du crâne et du dos dont l'armure osseuse se rapproche beaucoup plus dans le premier de ces poissons de celle des Asterolepis et des Heterostius. Tandis que la surface extérieure des plaques osseuses des Placodermes est recouverte de tubercules étoilés, celle des Dinichthys est seulement marquée de granulations fines avec des sillons un peu plus profonds et très-irréguliers. Les nageoires ne sont con-

nues que par un fragment long de six pouces et large de trois ou quatre, qui faisait probablement partie d'une médiane aux rayons ossifiés de la grosseur du petit doigt.

Ainsi que l'on passe des Dipterus du Dévonien au Ceratodus Fosteri actuel par le moyen des Ctenodus du Carbonifère et des Ceratodus du Trias, de même, le Dinichthys relie ensemble les Coccosteus, Pterichthys, Asterolepis et Lepidosiren, quoique, dans l'un et l'autre cas, nous soyons loin de posséder toutes les formes intermédiaires. M. D.

J.-A. Allen. Geographical variation, etc. Sur les variations locales de quelques mammifères, principalement sous le rapport de la taille. (*Bull. U. S. Geog. Survey of the Territories.* Vol. II, p. 309.)

Les remarques de l'auteur portent sur les carnassiers. Il a eu à sa disposition les belles collections de crânes de mammifères américains appartenant au Musée national, dans lesquelles une même espèce est quelquefois représentée par 80 à 100 échantillons. Il a remarqué que les différences dans la taille suivant la latitude sont très-grandes chez les loups et les renards, se montant quelquefois à 25 pour cent de la taille moyenne de l'espèce, tandis que chez d'autres carnassiers, il n'y a presque pas de variations. Contrairement à l'idée communément admise, pour une même espèce, il n'y a pas toujours une augmentation de taille à mesure que l'on s'éloigne de l'équateur; quelques felis et le procyon lotor au contraire sont représentés par de plus gros individus dans les régions méridionales que dans celles plus au nord. On peut dire que généralement l'augmentation dans la direction du sud se remarque dans les espèces ou les genres qui sont abondants sous les tropiques.

La plupart des mammifères de l'Amérique du Nord appartiennent à des familles, sections ou genres, qui ont leur plus grand développement dans les régions tempérées ou froides de l'hémisphère arctique, tels que les *Cervidæ*, les canidæ, les Mustelidæ, les Sciuridæ (principalement les *Arctominæ*). les leporidæ, les Castoridæ, les Arvicolidæ, etc. Ceux-là présentent rarement des exceptions à la loi de décroissance à mesure que la latitude diminue : comme nous l'avons dit plus haut, les exceptions les plus apparentes se rencontrent chez les Telides et les Procyonides, dont le développement maximum s'observe sous les tropiques.

L'auteur exprime par les trois propositions suivantes les relations de la taille avec la distribution géographique des animaux :

1° Le maximum de développement physique des individus a lieu où les conditions extérieures sont le plus favorables à la vie de l'espèce.

2° Les plus grosses espèces d'un groupe (genre, tribu ou famille suivant les cas) se trouvent là où le groupe atteint son plus haut point de développement ou en d'autres termes, à l'endroit que l'on pourrait appeler son centre de distribution.

3° Les représentants d'un groupe les plus *typiques* ou généralisés, se trouvent aussi près de son centre de distribution, en dehors duquel les formes sont plus ou moins aberrantes ou spécialisées.

L'espace nous manque pour donner les faits sur lesquels il appuie ces propositions et leur application aux espèces américaines dont il publie les mesures ; nous devons renvoyer pour cela le lecteur au mémoire original.

M. D.

F.-B. Meck. On the genus, etc. Sur le nouveau genre Unitacrinus, Grinnell. — *(Bull. of the U. S. Geol. and Geog. Survey of the Territories.* Vol. II. p. 375.)

Les crinoïdes si abondants pendant les périodes antérieures sont, on le sait, très-rares dans le crétacé et surtout dans les étages supérieurs. La seule espèce connue, l'*U. socialis*, représentant cet ordre, dans les formations américaines de cet âge, a été décrite par M. Grinnell (Am. Journ. of sc. and Art. XII, 81, juillet 1876) et M. Meck en a complété la description dans la note que nous analysons. Elle provient du crétacé du Kansas et de l'Utah. La conservation des échantillons n'est pas assez complète pour permettre de décider si cet animal était libre ou supporté par une tige, quoique la première opinion semble la plus probable; les bras atteignaient peut-être une longueur de 30^{cm}; ils ne se bifurquent pas, et avaient de petites pinnules de chaque côté. En tous cas ce type est très-différent des Marsupites et il faut aller aussi loin en arrière que la fin du paléozoïque ou le commencement du mésozoïque pour trouver des formes qui s'en rapprochent.

M. D.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES A L'OBSERVATOIRE DE GENÈVE

sous la direction de

M. le prof. E. PLANTAMOUR

PENDANT LE MOIS DE MAI 1877.

Le 1er, forte bise depuis 10 h. du matin.
2, forte bise jusqu'à 2 h. après midi.
3, faible gelée blanche le matin ; à 6 h. du soir, halo solaire partiel.
8, à midi $^1/_2$, pluie et grêle; à 5 h., fort coup de tonnerre.
9, à 5 h. soir, éclairs et tonnerres à l'Ouest et au Sud, l'orage se dirige vers le Nord, à 5 h. $^3/_4$, forte pluie mêlée de grêle.
10, il a neigé pendant la nuit sur toutes les montagnes des environs.
12, à 6 h.$^1/_2$ du soir, éclairs et tonnerres, pluie diluvienne pendant la nuit suivante.
13, à 10 $^1/_2$ h. du matin, roulement de tonnerres à l'Ouest ; en même temps commencement de la pluie, et changement dans la direction du vent qui saute à l'Ouest après avoir soufflé précédemment du Sud. A 3 h. apr. m., éclairs et tonnerres au SO.
14, rosée le matin.
16, à 5 $^1/_2$ h., faible halo solaire ; à 7 h. $^1/_4$, au moment du coucher du soleil, l'arc tangent supérieur au halo est complétement visible.
17, rosée le matin ; de 9 h. $^1/_2$ matin à 1 $^1/_2$ h. après midi magnifique halo solaire ; de 9 h. $^1/_2$ à 10 h. on voit sur le diamètre horizontal passant par le soleil un renflement elliptique en dehors du cercle du halo.
19, à 1 h. après midi, fort coup de vent d'Ouest.
20, il a neigé la nuit précédente sur toutes les montagnes des environs.
22, rosée le matin ; le soir à 8 h. $^3/_4$, halo lunaire faible et partiel.
26, rosée le matin.
27, faible rosée le matin.
28, fort vent du SSO. toute la journée.
29, pluie continuelle et très-abondante depuis le 29 à 4 h. ap. m. jusqu'au 31 à 8 h. m. ; dans l'espace de 40 h. il est tombé 74^{mm},5.

Valeurs extrêmes de la pression atmosphérique.

MAXIMUM.

	mm
Le 2 à 10 h. matin	729,54
10 à 8 h. matin	723,73
13 à 8 h. soir	725,15
16 à 6 h. matin	732,28
22 à 8 h. matin	727,43
26 à 8 h. matin	729,60
29 à 6 h. matin	724,70
30 à midi	723,29

MINIMUM.

	mm
Le 6 à 6 h. matin	714,13
12 à 4 h. après midi	717,44
14 à 6 h. soir	722,66
20 à 2 h. après midi	720,90
23 à 4 h. après midi	725,38
28 à 4 h. après midi	721,73
29 à 8 h. soir	720,54
31 à 6 h. matin	720,69

Jours du mois.	Baromètre.		Température C.				Tension de la vap.		Fract. de saturation en millièmes.				Pluie ou neige		Vent dominant.	Clarté moy. du Ciel.	Temp. du Rhône		Limnimètre à 11 h.
	Hauteur moy. des 24 h.	Écart avec la hauteur normale	Moyenne des 24 heures	Écart avec la temp. normale	Minim.	Maxim.	Moy. des 24 h.	Écart avec la tension normale.	Moy. des 24 h.	Écart avec la fraction norm.	Minim.	Maxim.	Eau tomb. d. les 24 h.	Nomb. d'h.			Midi.	Écart avec la temp. normale.	
	millim.	millim.	o	o	o	o	millim.	millim.					mm.				o	o	cm
1	727,42	+ 2,47	+ 8,12	— 2,94	+ 5,5	+12,6	4,80	—2,01	630	— 64	430	980	0,1	...	NNE. 2	0,40	+9,8	— 0,3	130,5
2	728,74	+ 3,76	+ 6,32	— 4,89	+ 2,6	+10,7	4,60	—2,28	656	— 39	500	750	...	...	NNE. 2	0,21	9,9	— 0,3	129,1
3	724,41	— 0,61	+ 9,01	— 2,34	+ 1,2	+17,7	5,35	—1,60	644	— 51	370	880	...	...	N. 1	0,10	10,0	— 0,3	127,5
4	720,09	— 4,97	+10,30	— 1,19	+ 6,8	+15,7	6,87	—0,15	745	+ 50	480	950	5,9	5	variable	0,73	10,7	+ 0,3	126,7
5	716,70	— 8,40	+10,87	— 0,77	+ 8,6	+16,2	9,06	+1,97	937	+242	740	990	12,1	11	NNE. 1	0,92	10,1	— 0,4	126,1
6	714,68	—10,46	+ 9,68	— 2,10	+ 9,1	+12,2	8,36	+1,20	949	+253	790	1000	7,6	12	N. 1	1,00	..	.....	130,0
7	717,53	— 7,65	+12,36	+ 0,43	+ 8,4	+18,0	7,90	+0,67	762	+ 66	500	1000	5,2	6	SO. 2	0,80	10,8	0,0	132,7
8	718,47	— 6,75	+11,76	— 0,31	+ 8,4	+16,9	8,11	+0,81	797	+101	580	930	6,4	3	S. 1	0,83	10,9	0,0	134,3
9	719,64	— 5,62	+ 9,89	— 2,32	+ 8,1	+14,9	7,62	+0,25	858	+161	680	1000	6,6	2	variable	0,84	10 7	— 0,3	136,0
10	721,76	— 3,55	+11,40	— 0,96	+ 6,1	+15,9	6,47	—0,98	657	— 40	450	800	5,9	4	SSO. 2	0,63	10,7	— 0,4	135,0
11	721,11	— 4,24	+ 9,43	— 3,07	+ 8,0	+13,0	7,82	+0,30	910	+213	690	1000	19,8	14	variable	0,98	10,6	— 0,6	136,8
12	718,07	— 7,32	+ 8,75	— 3,89	+ 8,0	+11,0	8,48	+0,89	980	+282	920	1000	44,3	15	NNE. 1	1,00	8,9	— 2,4	140,6
13	724,46	— 0,98	+10,25	— 2,53	+ 7,2	+14,6	7,31	—0,35	797	+ 99	530	890	6,7	4	SO. 2	0,49	..	.....	150,0
14	723,24	— 2,24	+ 9,81	— 3,11	+ 5,4	+13,7	8,06	+0,32	882	+183	700	960	7,5	9	OSO. 1	0,99	8,6	— 3,0	153,4
15	728,17	+ 2,64	+11,05	— 2,02	+ 8,8	+15,9	6,87	—0,94	719	+ 20	520	790	2,2	2	SO. 1	0,82	8,1	— 3,6	156,5
16	731,59	+ 6,02	+11,92	— 1,29	+ 6,6	+16,8	6,56	—1,32	647	— 53	430	830	...	...	NNE. 1	0,37	8,5	— 3,3	155,6
17	728,90	+ 3,28	+12,28	— 1,07	+ 5,3	+19,4	7,64	—0,31	726	+ 26	460	910	2,1	1	variable	0,69	9,7	— 2,2	156,3
18	729,32	+ 3,66	+13,38	— 0,11	+10,1	+19,3	7,14	—0,88	648	— 52	400	730	4,9	5	variable	0,57	8,9	— 3,2	155,4
19	726,71	+ 1,00	+11,41	— 2,21	+ 7,1	+15,9	6,16	—1,93	635	— 66	430	890	...	...	O. 2	0,59	8,9	— 3,3	157,7
20	721,72	— 4,03	+ 8,48	— 5,28	+ 5,5	+14,7	6,92	—1,24	847	+146	600	1000	7,6	5	SSO. 2	0,88	..	.....	159,0
21	725,07	— 0,73	+ 9,70	— 4,20	+ 5,4	+14,6	7,07	—1,16	797	+ 95	580	1000	0,6	...	N. 1	0,66	8,7	— 3,7	157,1
22	726,85	+ 1,01	+11,26	— 2,77	+ 5,9	+14,9	6,87	—1,43	695	— 7	470	860	...	...	N. 1	0,38	10,9	— 1,6	157,1
23	726,06	+ 0,17	+12,93	— 1,24	+ 7,4	+19,0	6,93	—1,44	647	— 55	420	920	...	...	SSO. 1	0,28	12,0	— 0,6	155,7
24	725,89	— 0,04	+12,18	— 2,12	+ 6,7	+17,0	6,93	—1,51	668	— 35	400	840	...	...	variable	0,83	12,6	— 0,2	154,0
25	727,67	+ 1,69	+11,79	— 2,65	+ 8,6	+14,8	7,70	—0,81	757	+ 54	590	890	...	...	NNE. 1	0,49	12,8	— 0,1	154,5
26	729,03	+ 3,01	+12,73	— 1,84	+ 6,0	+17,9	7,06	—1,52	659	— 44	370	920	...	...	N. 1	0,13	13,0	0,0	153,7
27	727,41	+ 1,34	+14,71	+ 0,01	+ 6,1	+21,6	7,42	—1,23	612	— 92	390	860	...	...	variable	0,02	..	.....	153,0
28	723,20	— 2,91	+17,09	+ 2,26	+11,1	+22,0	7,39	—1,33	531	—173	400	610	0,8	2	OSO. 3	0,74	13,6	+ 0,4	149,4
29	723,35	— 2,81	+13,00	— 1,96	+11,1	+17,0	9,36	+0,57	862	+158	600	980	8,2	12	SO. 1	1,00	10,0	— 3,4	151,5
30	722,83	— 3,37	+11,56	— 3,53	+10,7	+15,4	9,65	+1,80	966	+262	750	1000	44,1	19	NNE. 1	0,97	8,8	— 4,7	147,7
31	723,90	— 2,35	+15,34	+ 0,13	+10,7	+22,6	10,39	+1,47	814	+110	570	1000	23,7	9	SO. 1	0,50	8,9	— 4,7	161,7

MOYENNES DU MOIS DE MAI 1877.

	6 h. m.	8 h. m.	10 h. m.	Midi.	2 h. s.	4 h. s.	6 h. s.	8 h. s.	10 h. s.
Baromètre.									
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade	721,60	721,69	721,53	721,03	720,43	719,94	720,21	720,72	720,83
2e »	725,41	725,64	725,49	725,35	725,16	725,00	725,08	725,54	725,92
3e »	725,65	725,95	725,90	725,81	725,34	725,10	725,07	725,33	725,65
Mois	724,27	724,48	724,36	724,12	723,70	723,40	723,51	723,91	724,18
Température.									
	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1re décade	+ 7,60	+ 9,02	+11,20	+12,64	+13,16	+13,31	+11,67	+10,15	+ 9,20
2e »	+ 8,82	+10,93	+11,98	+12,68	+13,67	+13,08	+12,56	+10,68	+ 9,72
3e »	+ 9,74	+12,81	+14,05	+15,14	+17,05	+16,64	+14,86	+13,43	+12,22
Mois	+ 8,75	+10,98	+12,46	+13,54	+14,70	+14,42	+13,09	+11,48	+10,44
Tension de la vapeur.									
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade	7,08	6,85	6,69	6,58	6,86	6,76	7,10	7,16	7,39
2e »	7,41	7,34	7,26	7,09	7,24	7,50	7,29	7,36	7,44
3e »	7,91	8,27	7,81	7,88	7,57	7,67	8,03	8,06	8,04
Mois	7,48	7,51	7,27	7,20	7,24	7,32	7,49	7,55	7,64
Fraction de saturation en millièmes.									
1re décade	892	788	663	594	612	597	697	763	840
2e »	878	755	706	662	642	692	683	772	827
3e »	879	761	659	633	527	551	648	709	759
Mois	883	768	675	630	592	611	675	747	807

	Therm. min.	Therm. max.	Clarté moy. du Ciel.	Température du Rhône.	Eau de pluie ou de neige.	Limnimètre.
	0	0		0	mm	cm
1re décade	+ 6,48	+15,08	0,65	+10,40	49,8	130,8
2e »	+ 7,20	+15,43	0,74	+ 9,02	95,1	152,1
3e »	+ 8,15	+17,89	0,55	+11,13	77,4	154,1
Mois	+ 7,31	+16,19	0,64	+10,26	222,3	149,2

Dans ce mois, l'air a été calme 1,1 fois sur 100.

Le rapport des vents du NE. à ceux du SO. a été celui de 0,81 à 1,00.

La direction de la résultante de tous les vents observés est N. 89°,3 O. et son intensité est égale à 16,7 sur 100.

TABLEAU

DES

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES AU SAINT-BERNARD

pendant

LE MOIS DE MAI 1877.

Le 1er, brouillard intense tout le jour.
4, neige dans la nuit précédente, et dans la soirée de ce jour.
5, neige et brouillard tout le jour.
6, id.
7, brouillard presque tout le jour ; quelques flocons de neige.
8, id. id.
9, la neige marquée pour ce jour est tombée dans la nuit précédente.
10, neige et brouillard le soir.
11, neige et brouillard tout le jour par un fort vent du SO.
12, id. id.
13, la neige marquée pour ce jour est tombée dans la nuit précédente ; le ciel a été clair le 13 depuis 6 h. du matin.
14, neige depuis 2 h. après midi.
15, brouillard tout le jour.
16, brouillard le matin.
18, brouillard tout le jour, forte bise ; quelques flocons de neige.
19, id. id.
20, id. id.
21, id. id.
22, brouillard le soir.
24, brouillard et neige depuis 2 heures après midi.
25, brouillard intense tout le jour.
26, brouillard une partie de la journée.
28, fort vent du SO. tout le jour.
29, neige tout le jour, par un fort vent du SO.
30, id.
31, pluie le matin, brouillard le soir.

Valeurs extrêmes de la pression atmosphérique.

MAXIMUM.	mm	MINIMUM.	mm
Le 2 à 5 h. soir	563,01	Le 6 à 6 h. matin	554,36
11 à midi	560,18	12 à 6 h. matin	558,43
16 à 10 h. soir	567,95	20 à 4 h. après midi	557,63
26 à 10 h. soir	566,65	30 à 8 h. matin	561,75
30 à 10 h. soir	564,50	31 à 6 h. matin	562,72
31 à 10 h. soir	569,19		

SAINT-BERNARD. — MAI 1877.

Jours du mois.	Baromètre. Hauteur moy. des 24 heures.	Baromètre. Écart avec la hauteur normale.	Baromètre. Minimum.	Baromètre. Maximum.	Température C. Moyenne des 24 heures.	Température C. Écart avec la température normale.	Température C. Minimum*	Température C. Maximum*	Pluie ou neige. Hauteur de la neige.	Pluie ou neige. Eau tombée dans les 24 h.	Pluie ou neige. Nombre d'heures.	Vent dominant.	Clarté moyenne du Ciel.
	millim.	millim.	millim.	millim.	o	o	o	o	millim.	millim.			
1	561,52	— 1,20	560,94	562,20	— 6,08	— 4,65	— 7,9	— 2,4	.....	.....	....	NE. 1	1,00
2	562,52	— 0,30	561,75	563,01	— 6,23	— 4,95	—12,5	— 1,2	.....	.....	....	NE. 1	0,03
3	561,44	— 1,48	560,89	561,91	— 0,79	+ 0,35	— 7,0	+ 6,5	.....	.....	....	NE. 1	0,06
4	559,24	— 3,78	558,62	560,10	— 0,70	+ 0,30	— 2,7	+ 3,2	120	12,8	....	variable	0,84
5	557,25	— 5,86	556,34	557,89	— 2,07	— 1,21	— 3,4	+ 0,3	80	12,8	....	SO. 1	1,00
6	555,37	— 7,83	554,36	556,04	+ 0,09	+ 0,81	— 3,0	+ 4,5	100	17,3	....	SO. 1	0,98
7	557,40	— 5,90	556,07	558,24	+ 0,83	+ 1,41	— 2,1	+ 6,0	.....	.....	....	SO. 1	0,92
8	557,71	— 5,69	557,50	558,02	+ 0,68	+ 1,12	— 2,7	+ 6,2	.....	.....	....	SO. 1	0,93
9	557,80	— 5,70	557,56	558,34	+ 0,38	+ 0,68	— 4,0	+ 7,1	75	7,5	....	NE. 1	0,46
10	559,24	— 4,36	558,96	559,54	— 1,75	— 1,59	— 5,8	+ 1,9	90	10,8	....	variable	0,54
11	559,90	— 3,79	559,52	560,18	— 0,12	— 0,10	— 0,9	+ 2,0	200	24,6	....	SO. 2	1,00
12	558,93	— 4,86	558,43	559,44	— 0,98	— 1,10	— 1,1	+ 0,3	180	12,0	....	SO. 2	1,00
13	561,53	— 2,36	560,06	563,03	— 1,81	— 2,07	— 6,0	+ 2,7	200	18,0	....	variable	0,11
14	562,61	— 1,38	562,32	563,02	— 2,03	— 2,43	— 2,3	+ 0,7	180	11,0	....	SO. 1	0,84
15	563,93	— 0,16	562,20	566,05	— 3,35	— 3,88	— 5,2	+ 0,1	.....	.....	....	NE. 2	0,96
16	567,22	+ 3,04	566,36	567,95	— 2,44	— 3,10	— 6,4	+ 2,3	.....	.....	....	NE. 1	0,32
17	566,87	+ 2,59	566,67	567,08	+ 2,52	+ 1,72	— 2,7	+10,3	.....	.....	....	SO. 1	0,29
18	565,69	+ 1,31	565,31	566,16	— 0,89	— 1,82	— 2,7	+ 2,9	.....	.....	....	NE. 1	0,97
19	562,20	— 2,28	561,33	563,94	— 4,16	— 5,22	— 5,9	+ 2,1	.....	.....	....	NE. 2	0,97
20	558,04	— 6,53	557,63	558,84	— 4,29	— 5,48	— 7,0	+ 0,8	.....	.....	....	NE. 2	0,86
21	561,23	— 3,43	559,04	562,76	— 3,27	— 4,59	— 5,5	+ 2,4	.....	.....	....	NE. 2	1,00
22	563,52	— 1,24	562,82	563,95	— 0,72	— 2,17	— 6,1	+ 8,2	.....	.....	....	NE. 1	0,27
23	563,53	— 1,33	563,32	563,97	+ 0,04	— 1,54	— 4,0	+ 7,3	.....	.....	....	NE. 1	0,09
24	563,27	— 1,68	563,23	563,60	— 1,16	— 2,87	— 3,3	+ 2,6	80	7,8	....	NE. 1	0,83
25	564,33	— 0,71	563,39	565,55	— 1,43	— 3,26	— 3,4	+ 3,9	.....	.....	....	NE. 1	1,00
26	565,93	+ 0,80	565,40	566,65	— 0,64	— 2,59	— 3,4	+ 3,8	.....	.....	....	NE. 1	0,66
27	566,28	+ 1,05	566,03	566,54	+ 1,63	— 0,44	— 3,3	+ 5,2	.....	.....	....	SO. 1	0,09
28	564,82	— 0,50	564,29	565,45	+ 1,42	— 0,77	— 1,3	+ 4,6	.....	.....	....	SO. 2	0,72
29	563,52	— 1,89	562,37	564,54	+ 0,08	— 2,23	0,0	+ 2,7	180	25,8	....	SO. 2	1,00
30	563,17	— 2,33	561,75	564,50	+ 0,29	— 2,14	— 0,9	+ 3,0	300	55,0	....	SO. 2	1,00
31	566,02	+ 0,43	562,72	569,19	+ 3,14	+ 0,59	+ 1,0	+ 5,7	.....	36,4	....	SO. 2	0,73

* Ces colonnes renferment la plus basse et la plus élevée des températures observées de 6 h. matin à 10 h. soir.

MOYENNES DU MOIS DE MAI 1877.

	6h. m.	8 h. m.	10 h. m.	Midi.	2 h. s.	4 h. s.	6 h. s.	8h. s.	10 h. s.
Baromètre.									
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade	558,73	558,90	559,07	559,13	559,05	559,07	558,99	559,14	558,92
2e »	562,44	562,49	562,61	562,70	562,78	562,78	562,81	563,00	563,09
3e »	563,38	563,55	564,00	564,20	564,32	564,42	564,45	564,62	564,82
Mois	561,58	561,71	561,96	562,08	562,12	562,17	562,16	562,33	562,36
Température.									
	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1re décade	— 4,76	— 1,58	+ 1,30	+ 2,27	+ 2,25	+ 1,44	— 0,62	— 2,69	— 3,63
2e »	— 3,33	— 0,95	+ 0,50	+ 1,16	+ 1,19	— 0,03	— 1,19	— 2,57	— 3,02
3e »	— 2,66	— 0,23	+ 1,94	+ 3,62	+ 3,89	+ 2,35	+ 0,54	— 0,65	— 1,24
Mois	— 3,55	— 0,90	+ 1,27	+ 2,55	+ 2,49	+ 1,29	— 0,39	— 1,93	— 2,58

	Min. observé.	Max. observé.	Clarté moyenne du ciel.	Eau de pluie ou de neige.	Hauteur de la neige tombée.
	0	0		mm	mm
1re décade	— 5,11	+ 3,21	0,68	61,2	465
2e »	— 4,02	+ 2,42	0,73	65,6	760
3e »	— 2,75	+ 4,49	0,67	125,0	560
Mois	— 3,92	+ 3,41	0,69	251,8	1785

Dans ce mois, l'air a été calme 0,0 fois sur 100.

Le rapport des vents du NE. à ceux du SO. a été celui de 1,11 à 1,00.

La direction de la résultante de tous les vents observés est N. 45° E., et son intensité est égale à 6,8 sur 100.

SUR

LA FAUNE CRÉTACÉE DES MONTAGNES ROCHEUSES

Par M. Marc DELAFONTAINE

Les *Archives* ont appelé à plusieurs reprises l'attention de leurs lecteurs sur les remarquables découvertes paléontologiques faites par les savants américains dans les régions occidentales des États-Unis, et sur quelques-unes des questions générales que ces découvertes soulèvent. Les matériaux recueillis par les soins de M. Hayden et de M. Wheeler n'ont pas encore été tous mis en œuvre par MM. Leidy, Lesquereux, Marsh, Cope et Scudder qui en ont été spécialement chargés, et plusieurs monographies importantes sont sous presse ou en préparation; ceci s'appliquant surtout aux fossiles des terrains tertiaires, nous devons attendre quelque temps encore avant de pouvoir nous faire une idée d'ensemble sur la faune de cette époque. Mais, déjà aujourd'hui, nos connaissances sur les animaux crétacés sont assez avancées pour nous permettre une comparaison avec ceux d'Europe [1] et en tirer quelques conclusions au sujet de l'apparition et de la succession des faunes.

[1] Nous regrettons beaucoup que le manque de matériaux nous empêche d'étendre cette comparaison à la faune crétacée de l'Inde en nous basant sur les publications du Survey de ce pays. Quoique M. Stoliczka ait pu arriver quelquefois à des conclusions erronées par suite d'identifications inexactes d'espèces indiennes avec celles d'Europe, ses ouvrages fourniraient cependant, avec un peu d'attention, un point de départ important pour un travail de ce genre.

Rappelons en quelques mots les faits géologiques nécessaires à l'intelligence de ce qui suit :

Les dépôts crétacés de l'Amérique du Nord s'étendent depuis les parties septentrionales de l'État du Minnesota jusqu'au Texas et au Nouveau Mexique, et très probablement plus au nord, dans les possessions britanniques, et au sud, dans le Mexique. Ils existent aussi de l'autre côté des Montagnes Rocheuses, en Californie, et l'on en connaît un lambeau dans l'île de Vancouver. Le Groënland formait alors un autre bassin, ainsi que l'Alabama, le New-Jersey et quelques autres États du sud-est.

Dans la région des Montagnes Rocheuses, les géologues américains reconnaissent cinq subdivisions sous les noms de Dakota (1), Fort Benton (2), Niobrara (3), Fort Pierre (4) et Fox Hills (5).

Les trois premiers sont regardés comme les équivalents du cénomanien et du turonien des géologues français (uppergreen sand and chalkmarl des Anglais), tandis que le quatrième et le cinquième représentent le sénonien ; de plus, comme nous l'avons dit ici dans un article précédent (novembre 1876), le dernier de ces étages forme un passage intéressant au tertiaire.

Dans l'état actuel de nos connaissances le crétacé repose sur le trias ou sur le permien; dans ce dernier cas soit directement sur le calcaire dolomitique, soit par l'intermédiaire d'une couche d'argile blanche tendre passant en haut à un sable rougeâtre dont la partie inférieure est permienne et le sommet crétacé, comme l'a observé M. Lesquereux, à Béatrice, sur les bords de la Grande Rivière Bleue (Big blue River). Les divisions supérieures de l'époque jurassique paraissent manquer partout au-dessous du crétacé; il en est de même des étages connus

sous les noms de Valangien, néocomien, jusqu'au gault supérieur.

On peut voir d'après ce qui précède, que le crétacé se trouve dans une grande étendue de territoire sous des latitudes diverses, sans que l'on puisse dire cependant que les faunes et la flore soient très-différentes au nord et au sud. Il est bien clair que l'on n'a encore exploré qu'une très-faible partie de ces dépôts et, cependant, les trouvailles sont déjà riches comme le présent article va le faire voir. Nos connaissances sur cette faune crétacée sont destinées à s'augmenter encore beaucoup, le fait est certain, mais il est peu probable cependant que les conclusions dors et déjà acquises en soient bouleversées pour tout cela; car il ne faut pas perdre de vue que les phénomènes géologiques se sont passés aux États-Unis sur une très-grande échelle et qu'ils présentent en même temps une simplicité beaucoup plus grande qu'en Europe, si bien que, dès le commencement de ce siècle, Mac Clure pouvait tracer une esquisse de la géologie américaine à laquelle on a beaucoup ajouté mais sans y apporter de modifications essentielles.

I

Faune des Vertébrés.

Mammifères. Les mâchoires de Dromatherium découvertes il y a quelques années dans la Caroline du Nord ne laissent aucun doute sur l'existence de Mammifères aux États-Unis longtemps avant l'époque tertiaire. L'abondance des dépôts crétacés d'eau douce et la présence dans ces dépôts de plantes dicotylédonées pouvaient faire espérer d'y rencontrer les restes de représentants de la plus haute classe de vertébrés. Jusqu'à présent, cependant, il n'en est

rien, et ce fait négatif est d'autant plus surprenant que les couches crétacées supérieures forment sous d'autres rapports une transition ménagée au tertiaire et qu'ils ont fait place à des formations renfermant une faune mammalogique extraordinairement riche. Peut-être des découvertes ultérieures rempliront-elles cette lacune. Dans le cas contraire il faudrait chercher les prédécesseurs des mammifères tertiaires au Mexique ou ailleurs, à moins d'en revenir à l'hypothèse des créations directes.

Oiseaux. Tandis que les oiseaux fossiles sont excessivement rares dans le crétacé d'Europe, ils paraissent être assez abondants aux États-Unis ; une douzaine d'espèces ont déjà été décrites du Kansas et du New-Jersey. Quoique les *Archives* en aient parlé dans le temps, nous rappellerons que parmi eux se trouvaient des formes gigantesques et plusieurs types montrant des caractères de reptiles tels que la biconcavité des vertèbres et la présence de dents aux mâchoires. L'on ne sait pas si aucun d'eux avait une longue queue comme l'Archæopteryx.

L'implantation des dents présente deux modes, ce qui combiné avec une différence dans la forme des vertèbres conduit M. Marsh à établir une sous-classe des *Odontornithes* (Aves dentatæ) qu'il divise en deux ordres, comme suit :

A. Dents implantées dans des alvéoles. Vertèbres biconcaves. Sternum caréné. Ailes bien développées : *Odontotormæ.*

B. Dents attachées à un sillon de l'os dentaire ou maxillaire. Vertèbres comme celles des oiseaux modernes. Sternum sans carène. Ailes rudimentaires : *Odontoleæ.*

L'*Hesperornis regalis* mesurait de cinq à six pieds depuis le bout du bec jusqu'aux doigts ; ses ailes étaient

trop petites et rudimentaires pour servir au vol, mais ses jambes et ses pieds puissants en faisaient un nageur excellent; sa queue paraît avoir été très-aplatie horizontalement.

La forme du crâne était sensiblement celle du *Colymbus torquatus,* mais avec une crête médiane plus proéminente entre les orbites; le bec était moins pointu. Le maxillaire supérieur et la mandibule portaient un sillon profond dans lequel les dents étaient implantées, et entre deux dents successives on voit une légère projection osseuse des côtés du sillon, insuffisante toutefois pour compléter une alvéole. Les dents avaient une couronne pointue, recouverte d'émail, et leurs racines étaient fortes; elles ressemblaient beaucoup aux dents des Mosasauriens ; elles n'étaient pas permanentes, car on en trouve de remplacement au-dessous de celles en fonction. Les prémaxillaires paraissent n'avoir pas porté de dents et même peut-être étaient-ils recouverts d'un bec corné. L'omoplate et les coracoïdes étaient petits; le sternum sans crête ressemblait à celui de l'Apteryx et, dans une partie de son contour, à celui du pingouin.

La seule différence que présentât la colonne vertébrale de l'Hesperornis avec celle des oiseaux actuels, se remarque dans la forme des vertèbres caudales; celles-ci, au nombre de douze, sont de deux sortes : les antérieures courtes, avec des épines neurales élevées et des apophyses transverses courtes, celles du milieu et de la fin avaient au contraire des apophyses transverses longues, étalées horizontalement de manière à gêner les mouvements latéraux de la queue sans empêcher ceux dans le sens vertical. Les trois ou quatre dernières caudales sont coossifiées en une sorte de soc de charrue. Le pelvis se rapprochait de celui du ca-

soar plus que d'autres oiseaux. L'acetabulum formait une cavité fermée à l'exception d'un trou percé à travers sa paroi interne. Les os de la jambe et du pied montrent quelques différences secondaires avec les parties correspondantes des oiseaux modernes.

Disons quelques mots maintenant du type des oiseaux à dents implantées dans des alvéoles. L'*Ichthyornis dispar* était à peu près de la grosseur d'un pigeon. Son crâne était de grosseur moyenne avec les yeux bien en avant ; la mandibule inférieure longue et mince et ses deux branches ne s'ossifiaient pas à la symphyse ; chacune de ces branches portait vingt et une alvéoles distinctes formant une ligne ininterrompue depuis une extrémité à l'autre.

Dents petites, comprimées, pointues, plus ou moins inclinées en arrière, à couronnes recouvertes d'émail lisse. On n'a pas pu s'assurer si les prémaxillaires portaient des dents comme les maxillaires, ou s'ils étaient recouverts d'un bec corné. Omoplates, coracoïdes, os des ailes et des jambes véritablement ornithiques. Sternum avec une forte carène et des sillons allongés pour la réception des coracoïdes. Métacarpiens coossifiés. Les os des extrémités postérieures sont minces. Les corps de toutes les vertèbres sont biconcaves, avec leurs deux extrémités presque égalements creusées. Sacrum allongé et composé d'un grand nombre de vertèbres coossifiées. Queue inconnue.

Nous nous sommes un peu étendus sur les caractères les plus saillants des deux principaux types d'oiseaux à dents, afin de pouvoir discuter en quelques mots la valeur des deux ordres établis par le savant de New-Haven.

Ces oiseaux pourvus de dents sont des plus intéressants et en même temps ils ont une grande importance, car ils aident à combler un peu l'immense lacune qui

existe entre les reptiles et les oiseaux. C'est là une découverte que nous ne voulons pas le moins du monde chercher à amoindrir. Mais, au point de vue de la classification, il reste à déterminer la valeur de ces organes. Ici, nous nous permettrons de différer d'opinion avec M. Marsh, en partie du moins. Il nous semble plus conforme aux principes de la subordination des caractères de regarder la présence ou l'absence de dents comme ayant une valeur d'ordre ou même de classe, dans le cas seulement où elle se lie à d'autres modifications importantes du système ou en est accompagnée. En elles-mêmes, les dents sont d'une valeur secondaire chez les reptiles, comme il serait facile d'en donner des exemples. Quant à l'*Hesperornis regalis,* il est bien évident que, si ce n'était qu'il est pourvu de ces organes, on ne devrait pas hésiter à le classer parmi les palmipèdes, près des plongeons; le rôle de ces dents devait se borner à retenir une proie peut-être un peu plus résistante que les poissons modernes; mais autrement le genre de vie de cet oiseau ne l'éloignait pas des plongeurs.

Dans l'*Ichthyornis dispar* nous avons un état de choses différent, non-seulement voyons-nous des dents, mais la colonne vertébrale, avec ses corps biconcaves, indique aussi des modifications importantes dans le système musculaire et les autres fonctions de mouvement. Il est bien généralement admis que ce genre de vertèbres indique un certain degré d'infériorité.

Sans nous étendre plus longuement sur ce sujet, nous proposerons donc de rejeter la sous-classe des *Odontornithes,* de modifier la diagnose des palmipèdes en y ajoutant « dents présentes ou absentes » et conserver, provisoirement du moins, l'ordre des Odontotormæ. D'après ces

vues, les espèces connues d'oiseaux crétacés des États-Unis se grouperaient comme suit :

	Odontotormæ Marsh.			
1 Ichthyornis dispar	Marsh.	Niobrara group.	Smoky Hills,	Kansas.
2 Ichthyornis victor	»	»	»	»
3 Apatornis celer	»	»	»	»
	Palmipèdes.			
1 Hesperornis regalis	Marsh.	»	»	»
2 » gracilis	»	»	»	»
3 Lestornis crassipes	»	»	»	»
4 Graculavus anceps	»	»	»	»
5 Laornis Edwarsianus	»	Grès vert du	New-Jersey.	
	Échassiers.			
1 Paleotringa littoralis	Marsh.	»	»	
2 » vetus	»	»	»	
3 Telmatornis priscus	»	»	»	
4 » affinis	»	»	»	

REPTILES. La faune herpétologique du crétacé supérieur est plus riche et plus variée en Amérique qu'en Europe. Outre les genres anciennement connus de ce dernier continent, les États-Unis en avaient un assez grand nombre qui leur étaient spéciaux ; plusieurs atteignaient une taille très-grande ; quelques types dont on n'avait eu précédemment que des squelettes fort incomplets, se sont rencontrés dans les Montagnes Rocheuses dans un état de conservation telle que leur ostéologie est maintenant bien connue.

Les serpents manquent, mais les autres ordres se trouvent abondamment représentés. Nous allons les passer brièvement en revue [1].

Mosasauriens. Il n'y a plus aucun doute maintenant sur la nécessité de séparer les Mosasauriens des Lacer-

[1] La synonymie de plusieurs genres est un peu embrouillée, les mêmes espèces ayant quelquefois été décrites sous trois noms génériques différents, par MM. Marsh, Leidy et Cope. Il est donc nécessaire de comparer les publications de ces auteurs sans s'attacher exclusivement au synopsis du dernier.

tiens (Varans) auxquels ils ressemblent sous plusieurs rapports, car M. Marsh a montré qu'ils étaient pourvus de *quatre* membres courts (et non pas deux comme on l'a cru longtemps) en forme de rames. Leur corps, et surtout leur queue allongée, ainsi que la structure de leur crâne les rapprochent des serpents, tandis que leurs organes de locomotion ressemblent assez à ceux des ichthyosaures.

Nous sommes déjà entrés dans quelques détails au sujet de ces animaux dans le numéro de Novembre 1876 des *Archives*; nous ajouterons seulement que, partageant en cela l'opinion de M. Leidy, nous remplacerons le nom de Pythonomorphes proposé par M. Cope, par celui de Mosasauriens qui a l'avantage de rappeler le genre type, et de ne pas faire croire à une ressemblance exagérée avec les ophidiens.

M. Cope indique cinquante espèces de mosasauriens mais peut-être y a-t-il quelques doubles emplois. Les genres décrits sont les suivants :

Liodon. (Leiodon, Owen; Tylosaurus, Marsh; Rhinosaurus, Marsh; Ramphosaurus, Cope; Liodon, Cope.) Il n'est pas tout à fait certain que ce genre soit identique à celui des Leiodon d'Owen; dans le cas où il ne le serait pas, le nom de *Tylosaurus* devait probablement lui être appliqué. Nous avons déjà donné dans l'article cité plus haut les dimensions surprenantes que M. Cope assigne aux *L. dyspelor* et *proviger*.

On en connaît quatre espèces du New-Jersey, trois de l'Alabama et quatre du Kansas, soit onze en tout, tandis que la craie d'Europe n'en a donné qu'une seule.

Clidastes. Ces animaux avaient une forme plus atténuée que les précédents et des dents comprimées latérale-

ment, tranchantes en avant et en arrière. Deux espèces du New-Jersey, deux de l'Alabama et dix du Kansas.

Sironectes. L'espèce du Kansas établie sur une demi-mâchoire inférieure et une série de trente et une vertèbres forme une transition entre le genre précédent et le suivant.

Platecarpus. Onze espèces du Kansas et une du Missisipi. Humerus plat et large comme celui des Clidastes, articulations vertébrales comme celles des Liodon. Dents courbées et à section subcirculaire.

Mosasaurus. Ce genre n'a pas de représentants dans les Montagnes Rocheuses. Neuf espèces ont été décrites du New-Jersey, six de l'Alabama, une de la Caroline du Nord et une du Nebraska [1].

Holcodus. Une espèce de l'Alabama et une du Nebraska. C'est le genre Lestosaurus de Marsh, à peine différent, paraît-il, des Platecarpus.

Baptosaurus. Deux espèces de New-Jersey.

Diplotomodon. Une espèce du même État.

Sauroptérygiens. Cet ordre est beaucoup moins richement représenté aux États-Unis qu'en Europe et à la Nouvelle-Zélande. Les espèces américaines appartiennent aux genres :

Polycotylus (une espèce du Kansas), *Elasmosaurus* (une du Kansas), *Cimoliasaurus* (cinq espèces), *Oligosimus, Nothosaurus, Piratosaurus, Plesiosaurus* (quatre espèces), *Ischyrosaurus* (une espèce).

Lacertiens. M. Leidy rapporte avec doute à cet ordre son *Tylosteus ornatus,* probablement du crétacé.

Ptérodactyliens. Nous avons publié dans le cours des

[1] M. Leidy a décrit plusieurs pièces osseuses du Nebraska qu'il rapporte à ce genre sans leur donner de nom spécifique.

douze derniers mois, dans les *Archives*, plusieurs notices sur les mémoires si intéressants de M. Marsh relatifs aux Ptérodactyles sans dents du Kansas. Nous y renvoyons le lecteur. On en connaît déjà six ou huit espèces; plusieurs d'entre elles atteignaient une taille énorme; on ne sait pas encore si elles étaient toutes dépourvues de dents.

Crocodiliens. Dans son synopsis, M. Cope donne les genres suivants :

Hyposaurus (deux espèces, du Kansas et du New-Jersey).

Thoracosaurus (décrit par plusieurs auteurs sous le nom de Gavial et de Crocodile).

Holops (est encore un autre gavial du New-Jersey dont on connaît six espèces. Il faudra peut-être le réunir au précédent).

Bottosaurus. L'espèce type a été décrite en 1824 par Harlan sous le nom de *Crocodilus macrorhynchus.* Quatre espèces de l'est et de l'ouest.

Gavialis. Une petite espèce du New-Jersey.

Dinosauriens. Cet ordre si important était représenté par plusieurs formes intéressantes, savoir :

Les *Cionodon* à vertèbres opisthocœliennes; les dents se remplaçaient de manière à ce qu'il y en avait trois en vue sur une même ligne transversale, ce qui donnait une surface de couronnes plus grande et permettait la mastication d'une nourriture végétale comme chez les ruminants. Une espèce du Colorado et une du Saskatchewan.

Hypsibema (une espèce de la Caroline du Nord).

Hadrosaurus. Voisins des Cionodon par les dents surtout, quoique ces dernières ne fussent pas trois de front.

Polyonax. Reptile plus grand que les Cionodon, connu par ses vertèbres et une partie de ses membres.

Ornithotarsus (une espèce du New-Jersey).

Agathaumas. Avait les os iliaques beaucoup plus allongés qu'aucun autre dinosaurien.

Les genres Palæoscincus, Troodon, Amblysodon ont été établis sur des dents seulement. Les Lælaps étaient des dinosauriens dont l'articulation du cou-de-pied (dans le L. aquilunguis tout au moins) montre de l'affinité avec celle des oiseaux coureurs; leurs mâchoires étaient pourvues de trois sortes de dents, celles de devant ressemblant à des incisives et la suivante de chaque côté à une canine. La liste se clôt avec le genre Cœlosaurus du New-Jersey (une espèce).

Chéloniens. Les tortues sont abondantes aux États-Unis; outre quelques espèces marines, ce pays en nourrit une quarantaine de terre ou d'eau douce. Il en était déjà de même durant la période crétacée; les paléontologistes américains ont décrit près de cinquante espèces de chéloniens, réparties dans dix-huit genres, de ces dépôts. Le genre Trionyx qui a encore des représentants dans le Mississipi et ses tributaires, existait déjà durant l'époque sénonienne.

Les *Atlantochelys* (Protostega) dont on connaît trois ou quatre espèces, étaient voisines des Sphargis de nos mers actuelles, elles atteignaient quelquefois une taille gigantesque.

P.-S. Depuis que les pages consacrées aux reptiles ont été écrites nous avons reçu une ou deux brochures de M. Cope qui font connaître quelques nouveaux types parmi lesquels nous remarquons les *Uronautes* qui avaient des membres comme les plésiosaures, un cou court comme les pliosaures et les diapophyses caudales coossifiées (une

espèce). Les *Champsosaurus* dont on a trouvé les vertèbres d'une centaine d'individus; ces animaux s'éloignent des crocodiliens par la forme de leur atlas et de leur axis, des dinosauriens par l'absence du sacrum; les côtes courtes et robustes rappellent un peu les batraciens; M. Cope rapproche provisoirement ce genre des *Rhynchocephalia;* il en décrit quatre espèces, Les *Dysganus* étaient des dinosauriens herbivores dont on ne connaît que les dents comprimées latéralement avec un sillon en avant et en arrière (quatre espèces). Les *Disclonius* également dinosauriens et herbivores, avec les dents allongées, carénées, sans racine distincte et composées d'une substance plus dense en avant et moins compacte en arrière (trois espèces). Le genre *Monoclonius* est mieux connu; très-voisin des Hadrosaurus dont il se distingue par ses membres antérieurs plus robustes et ses os iliaques plus allongés, les dents étaient tronquées obliquement et avaient une racine distincte avec un sillon en avant pour la dent de remplacement.

La section horizontale des dents de *Paronychodon* était semi-circulaire, mais ces organes ressemblaient d'ailleurs beaucoup à celles des Plésiosaures, Elasmosaures, etc. Le genre *Polythorax* est établi pour une tortue pourvue de scutes interhumérales, fait qui ne se rencontre pas dans les autres chéloniens connus; il forme d'ailleurs une transition intéressante entre les Adocus du crétacé et les Baena de l'éocène.

Batraciens. Les animaux de cette classe n'ayant pas fait l'objet d'une monographie, nous ne sommes pas en état de juger des types de ce temps-là et de leurs caractères.

M. Cope vient cependant de décrire quatre espèces du

genre nouveau *Scapherpeton* qui était probablement urodèle et une espèce d'*Hemitrypus* de la taille du Menopoma vivant.

Poissons. L'on connaît déjà plus ou moins parfaitement une centaine de poissons du crétacé américain. Dans ses traits essentiels l'histoire paléontologique de ces animaux présente, tout comme celle des plantes, un parallélisme exact en Europe et en Amérique.

Toutefois, l'ignorance où nous sommes de la faune du jurassique supérieur, du nécomien et du gault, ne nous permet pas de décider quand les poissons osseux ont fait leur première apparition dans l'Amérique du Nord. Quoi qu'il en soit, ils forment à peu près la moitié des espèces connues du crétacé supérieur tandis que les Chimérides et les Sélaciens constituent chacun un quart environ du grand total; les Ganoïdes brillent par leur absence, à l'exception de une ou deux espèces de Pycnodontes.

A une seule exception près, les Chimérides manquent dans les gisements des Montagnes Rocheuses; ils se trouvent surtout dans le New-Jersey et quelques autres États. La majorité des Sélaciens proviennent également du New-Jersey; ils sont peu abondants dans le Far West. On voit donc que les États-Unis étaient divisés alors en bassins ayant chacun ses espèces de poissons et de reptiles; les principaux de ces bassins étaient ceux du New-Jersey, de l'Alabama et du Nebraska.

Nous n'avons malheureusement pas sous les yeux la description des poissons du mont Liban par MM. Pictet et Humbert, de sorte que nous ne pouvons pas faire une comparaison détaillée des deux faunes. Cependant elles

paraissent assez différentes dans leurs traits généraux. Quoique les dépôts du New-Jersey appartiennent très-probablement au même horizon que ceux du mont Liban, la prédominance des Chimérides et des Sélaciens donne à leur faune un air d'antiquité plus grande. Quant aux formations du Nébraska et du Kansas quelques-unes sont beaucoup plus récentes puisqu'elles passent au tertiaire; les poissons osseux y prédominent et ils appartiennent en grande majorité à cet ordre des Isospondyles qui comprend précisément la famille des Halécoïdes (Salmones et Clupes) si richement représentées à Hakel et à Sahel Alma. Toutefois, nous devons dire que les poissons isospondyles décrits par MM. Leidy et Cope sont répartis par ce dernier entre deux familles, les *Saurodontes* et les *Stratodontes;* la première comprend les genres *Saurodon* et *Saurocephalus* (placés par Pictet dans la famille des Sphyrénoïdes), *Portheus, Ichthyodectes, Erisichthe* et *Daptimus;* la seconde renferme les *Enchodus, Pachyrhizodus, Tetheodus* et *Phascoganodus.* De ces dix genres quatre ont des représentants dans le crétacé d'Europe.

Les *Syllœmus* étaient très-voisins des Mugil tout en offrant aussi des affinités avec les Athérinides.

M. Cope a établi un ordre des *Acanthochiri* pour un genre (Pelecopterus) du Kansas et d'Angleterre dont on ne connaît que l'arche scapulaire et les nageoires pectorales.

Les brochets sont représentés dans le New-Jersey et la Caroline du Nord, par le genre Ichyrhiza (deux espèces).

Distribution des reptiles et des poissons par étages.

La partie inférieure du cénomanien-turonien, si riche en débris de plantes dicotylédonées, n'a pas donné de poissons ni d'autres vertébrés.

L'on n'a trouvé dans la partie moyenne de cet étage que l'Hyposaurus Vebbi et trois espèces de sélaciens.

La faune de la partie supérieure était très-riche. Sur une centaine d'espèces de vertébrés, il y a une demi-douzaine d'oiseaux, un dinosaurien, quatre ou cinq ptérodactyles, trois énaliosauriens, trois chéloniens et vingt-six mosasauriens, auxquels il faut ajouter environ une quarantaine de poissons isospondyles et une douzaine d'Élasmobranches.

Le reste des deux cent soixante et quelques espèces déjà décrites appartiennent à l'étage sénonien et aux formations de transition entre le crétacé et le tertiaire.

II

Faune des Invertébrés.

Dans les pages qui vont suivre nous ne considérons que les invertébrés des Montagnes Rocheuses, en nous basant surtout sur la belle monographie de M. Meek[1], paléontologiste habile et consciencieux dont la science déplore la mort récente.

Cette monographie est consacrée aux espèces recueillies dans les régions baignées par le Missouri supérieur. Les couches crétacées du Nouveau Mexique n'ont pas fait le sujet d'un travail semblable.

Cependant l'on a quelques listes et monographies partielles dont nous tirerons parti dans cet article.

[1] *A report on the invertebrate cretaceous and tertiary fossils of the Upper Missouri country*, by F.-B. Meek. C'est le 9me volume des monographies publiées sous la direction de M. Hayden, le géologue des États-Unis. Un fort vol. in-quarto de LXIV et 629 pages de texte et 45 excellentes planches.

Ce qui frappe tout d'abord quand on fait un tableau des espèces décrites par M. Meek, c'est la pauvreté de la faune du Nébraska, etc., en polypiers et échinodermes; une *Micrabacia,* une *Websteria,* un *Microstizia* et un *Hemiaster,* et c'est tout.

La même remarque s'applique aux brachiopodes représentés seulement par une espèce de lingule; absence totale de rhynchonelles et de térébratules. A l'exception d'une serpule, les articulés manquent complétement.

En revanche les acéphales, les gastéropodes et les céphalopodes sont nombreux; M. Meek en fait connaître 219 espèces sans compter celles des couches intermédiaires entre le crétacé et le tertiaire.

Elles appartiennent aux genres suivants :

Ostrea (5).	Lucina (2).	Solen (1).	Turritella (1).
Gryphæa (1).	Sphæra (3).	Leptosolen (1).	Cerithiopsis (1).
? Anomia (2).	Tancredia (1).	? Xylophaga (2).	Chemnitzia (1).
Pecten (2).	Cyprimeria (1).	Martesia (1).	? Littorina (1).
Avicula (4).	Cyprina (1).	Teredo (1).	Fusus (5).
Inoceramus (17).	Anisocardia (4).		Buccinum (4).
Gervilia (2).	Cyrena (3).	Dentalium (2).	Fasciolaria (8).
Mytilus (1).	Cardium (6).	Bulla (3).	Pyrula (1).
Modiola (3).	Cytherea (6).	Cylichna (2).	Pleurotoma (3).
Crenella (1).	Thetis (1).	Acteon (2).	
Arca (8).	Tellina (3).	Avellana (1).	Baculites (5).
Pectunculus (1).	Arcopagia (1).	? Siphonaria (6).	Ancyloceras (1).
Limopsis (1).	Arcopagella (2).	Acmæa (3).	Ptychoceras (1).
Nucula (4).	Macra (6).	Margarita (2).	Scaphites (10).
Leda (3).	Pholadomya (3).	Margaritella (1).	Ammonites (7).
Yoldia (4).	Goniomya (1).	? Fusus (2).	Heteroceras (6).
Margaritana (1).	Thracia (3).	Natica (5).	Helicoceras (1).
Crassatella (1).	Liopistha (1).	Aporrhais (1).	Nautilus (2).
Crassatellina (1).	Mæra (2).	? Rostellaria (4).	Belemnitella (1).
Eriphyla (1).	Corbula (3).	Narica (1).	Phylloteuthis (1).
Solemya (1).	Glycimeris (1).	Neritopsis (1).	

M. Meek paraît avoir été un admirateur de MM. Adams et il a suivi leur exemple sur deux points : l'abandon de noms bien connus, consacrés par un long usage pour en adopter de plus anciens totalement oubliés, et la multiplication des coupes génériques et subgénériques basées le plus souvent sur des caractères de la coquille d'une valeur minime; il en résulte la création d'un nombre encombrant de nouveaux noms sans avantage sérieux pour la science. Sans nier la validité de quelques-unes des coupes génériques nouvelles, nous avons pris sur nous de dresser la liste précédente en employant autant que possible les noms connus de tous les paléontologistes français, et en réunissant quelques coupes qui nous paraissent peu justifiées. Quand un nom est précédé d'un point de doute, c'est que les espèces ont été décrites sous un nom générique nouveau qui probablement doit faire place à celui qui figure dans la liste.

Il est bien possible que la liste des Inocérames doive subir des réductions à cause du polymorphisme bien connu des espèces de ce genre.

Les acéphales forment plus de la moitié du nombre total, les gastéropodes environ un tiers et les céphalopodes le reste.

La *Tancredia americana* de M. Meek est le premier représentant crétacé connu de ce genre qui ne se trouve pas en Europe au-dessus de l'oolite. M. Gabb a déjà décrit sous le nom de *Meekia*, un genre très-voisin, du crétacé de Californie. Les *Veniella*, Stol. (*Venilia* Mort.) sont séparées des Cyprines, mais paraissent identiques avec les Anisocardia de Munier Chalmas. Les *Cyrena* (et *Corbicula*) n'avaient pas encore été décrites du crétacé quoiqu'elles aient déjà vécu probablement dans le Wealdien.

Le genre *Arcopagella* est nouveau et semble spécial au crétacé d'Amérique ; cependant M. Meek pense que d'autres tellinoïdes dont la charnière n'est pas connue pourraient bien y être réunies. Les *Liopistha* quoique voisins des Poromya doivent en être séparés. Sous le nom de *Corbulamella,* M. Meek décrit un type nouveau qui est une corbule par sa forme et sa charnière mais possède en plus une saillie en forme de cuiller à bords tranchants qui recevait le muscle adducteur postérieur. Les Bulles décrites appartiennent à la section des *Haminea.*

Nous rapportons avec quelques doutes aux Siphonaria les fossiles attribuées par M. Meek à un nouveau genre (Anisomyon) ; ce sont des coquilles patelliformes, minces, à sommet abruptement recourbé en arrière et à impression musculaire interrompue sur le côté droit postérieur et non pas sur l'antérieur comme dans les Siphonaires ordinaires. Nous passerons sous silence les coupes génériques adoptées par l'auteur dans les buccinides et fusides, le sujet prête à une trop grande diversité de vues.

Les *Gyrodes* sont des Natices que le paléontologiste américain pense devoir séparer à cause de leur coquille mince, à ombilic profond et large, sans callosité et à bords relevés par une sorte de crête.

Les *Anchura* sont peut-être des *Alaria* quoique nous les ayons réunis ci-dessus aux Rostellaires.

L'on remarquera l'absence des genres suivants qui ont des représentants dans les couches crétacées supérieures d'Europe : Eulima, Pyramidella, Nerinea, Acteonella, Phasianella, Delphinula, Solarium, Pleurotomaria, Cypræa, Ovula, Strombus, Pteroceras, Emarginula, Fissurella, Panopæa, Trigonia, Cypricardia, Opis, Myoconcha, Trigonia et Pinna.

Les *Céphalopodes* offrent quelques formes intéressantes. Les Scaphites sont proportionnellement plus nombreux que les Ammonites ; ils appartiennent à deux types différents : les petits à tours rapidement embrassants et spire presque cachée (S. æqualis) et ceux qui sont plus aplatis et à spire visible (type : S. pulcherrimus). Ces derniers ressemblent étonnamment à des Ammonites à cause de l'absence de la partie droite et de la déviation très-légère du dernier tour de sa courbure régulière. Un échantillon de *S. Cheyennensis* montre que ces céphalopodes avaient un opercule (Aptychus) et très-probablement un bec corné ou pierreux comme les Loligos ou les Nautiles.

M. Meek a essayé de répartir plusieurs de ses ammonites dans des genres nouveaux tels que ceux proposés par Suess, Hyatt, et d'autres. Les espèces crétacées d'Europe n'ont pas encore fait l'objet d'un travail semblable, de sorte que l'on ne sait guère quelles coupes adopter. Si l'idée du démembrement du grand genre *Ammonites* doit prévaloir, les Placenticeras et Mortoniceras de notre auteur devront probablement être retenus.

Le genre *Phylloteuthis* voisin des calmars et des Beloteuthis est spécial au crétacé du Nébraska.

Céphalopodes crétacés décrits par M. Meek :

Baculites (5).	Ammonites (7).	Nautilus (2).
Ancyloceras (1).	Heteroceras (6).	Belemnitella (1).
Ptychoceras (1).	Helicoceras (1)	Phylloteuthis (1).
Scaphites (10).		

Il faut ajouter à cette liste deux baculites, un heteroceras, quatre ammonites et un nautile de Vancouver, et aussi deux espèces d'ammonites et une d'helicoceras décrites par M. White du crétacé de l'Utah. Le Nouveau

Mexique a aussi fourni des espèces nouvelles dont nous n'avons pas encore pu nous procurer le catalogue.

Si maintenant nous comparons les espèces d'invertébrés crétacés de la région des Montagnes Rocheuses avec les espèces de la même période en Europe, nous trouvons qu'il y en a comparativement peu d'identiques ; ce sont les suivantes :

Nautilus elegans.	Neitha Mortoni.
Inoceramus problematicus.	Ostrea vesicularis.
» latus.	Baculites anceps.
Ostrea larva.	Scaphites lenticularis.
Ammonites Woolgari.	Belemnitella mucronata.

Si l'on tient compte du fait que l'on est loin d'avoir décrit toutes les espèces crétacées d'Europe qui sont dans les collections, et aussi que M. Meek n'a pu baser ses comparaisons que sur les planches de Sowerby, d'Orbigny et E. Favre, et non sur des échantillons, on admettra comme très-probable que la liste des espèces identiques est plus longue réellement. Il se peut que plusieurs des espèces ci-dessous soient identiques à des formes connues d'Europe et non pas seulement très-voisines d'elles comme le croyait M. Meek :

Ammonites shoshonensis	ressemblant bcp.	à l'Amm. Texanus Rœm.
Scaphites Warrenanus	»	au Scaphites æqualis Sow.
» larvæformis	»	»
Inoceramus Barabini	»	à l'I. Cripsii Mont.
Nautilus Dekayi	»	au N. lævigatus d'Orb.
Scaphites Conradi	»	au S. pulcherrimus Rœm.
» nodosus	»	aux S. constrictus et compressus Sow.

L'*Arca Shumardi* est très-voisine de l'*A. fibrosa*, Sow.

L'*ostrea vomer* peut à peine se distinguer de l'*O. eversa*. Desh, de l'Éocène de France.

Comme on peut le voir donc, la faune invertébrée du Haut-Missouri décrite par M. Meek, tout en ayant bien le facies crétacé et renfermant des espèces identiques à celles du même âge en Europe, est tout à fait distincte; un grand nombre de ses espèces lui sont spéciales; elle a moins de genres et il y en a peu qui lui soient propres; les térébratulides, les rhynchonellides et toute la famille si importante ailleurs des rudistes y manquent complétement. Les scaphites y sont proportionnellement plus nombreux qu'en Europe, mais plusieurs d'entre eux se distinguent difficilement des Ammonites. La rareté extrême des polypiers et des échinodermes est aussi un fait intéressant à noter si l'on songe à leur abondance et leur variété en France et en Angleterre.

Si nous comparons la faune malacologique actuelle du littoral américain, nous trouvons que : 1° la partie septentrionale de l'Atlantique nourrit un grand nombre d'espèces dont plus de cinquante pour cent sont identiques des deux côtés de la mer; 2° les côtes au sud du Massachusetts ont fort peu d'espèces en commun avec celles du Portugal ou du sud-ouest de la France; 3° la côte occidentale de la Californie et de l'Orégon a ses espèces propres dont à peine quelques-unes, si aucune, se retrouvent sur la côte orientale.

Déjà à l'époque crétacée supérieure, la faune des Montagnes Rocheuses, tout en ayant un facies crétacé, différait spécifiquement de celles du continent européen, et elle différait aussi quoique peut-être à un moindre degré de celle du New-Jersey sur l'Atlantique.

La côte au sud et au nord du Cap Cod forme deux provinces malacologiques distinctes; la même observation s'applique à la Californie propre et à la Basse-Cali-

fornie. Autant que l'on peut en juger par les documents incomplets recueillis jusqu'ici, la faune crétacée du Haut-Missouri possédait comparativement peu des espèces que l'on trouve beaucoup plus au sud dans l'Utah méridional et le Nouveau Mexique. Nous pourrons peut-être revenir dans un prochain article sur ces rapprochements.

Dans le numéro de novembre 1876 des *Archives*, nous avons fait un exposé de la question de la limite des époques crétacée et tertiaire aux États-Unis et parlé de ces dépôts d'eaux douces ou saumâtres qui se trouvent au sommet de la série crétacée et renferment des ossements de Dinosauriens associés avec des plantes tertiaires.

M. Meek a aussi publié la monographie des mollusques trouvés dans ces mêmes couches de transition. Il s'y trouve deux petites huîtres, quatre unios, cinq corbicules, quatre cyclades, trois corbules (potamomies), une lymnée, quatre planorbes, trois physes, un ancyle, une vitrine, trois helix, un bulime, deux columna, une cerithidea, treize mélanides, dix paludinides et trois valvées.

Il est à remarquer que les mélanides vivantes, si abondantes dans les rivières de l'Ohio, Tennessée, Illinois, etc., manquent complétement aujourd'hui dans les tributaires du Haut-Missouri, tandis que les dépôts crétacés de cette région en renferment beaucoup.

Les ancyles appartiennent à un type (*Acroloxis*) qui a encore quelques représentants aux États-Unis.

Depuis la publication du volume de M. Meek de nouvelles espèces d'unios ont été découvertes ; elles appartiennent toutes à des types essentiellement américains, et présentent de nombreuses affinités avec les U. *clavis, securis, gibbosus, metaneorus, complanatus,* des États-Unis. Le fait de cette ressemblance des espèces crétacées

avec celles qui vivent aujourd'hui dans le Mississipi et ses tributaires rend très-probable la supposition que les unes sont les ancêtres des autres ; des observations intéressantes montrent même que quelques-uns de ces types ont apparu dans la région des Montagnes Rocheuses, déjà pendant la période jurassique et que leur différentiation a été toujours en croissant depuis lors.

Chicago, 18 avril 1877.

SUR LES ÉQUIVALENTS CHIMIQUES ET LES POIDS ATOMIQUES COMME BASES D'UN SYSTÈME DE NOTATION

PAR

C. MARIGNAC

L'Académie des Sciences de Paris vient d'assister pendant quelques-unes de ses dernières séances à une intéressante discussion, à laquelle ont pris part plusieurs des éminents chimistes qui en font partie [1], sur deux questions qui ont été souvent déjà soulevées devant elle et le seront probablement encore plusieurs fois.

Il s'agit d'une part du principe énoncé dès le commencement de ce siècle (1811) par un savant italien, Avogadro, sur l'égalité de volume des molécules de tous les corps à l'état gazeux, que l'on met souvent en opposition avec la loi de Gay-Lussac sur les rapports simples existant entre les volumes des gaz susceptibles de se combiner, loi qui avait été établie peu d'années auparavant et qui du reste n'est point en contradiction avec l'hypothèse d'Avogadro.

[1] MM. Sainte-Claire Deville, Wurtz, Berthelot, Fizeau. *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, tome LXXIV. Séances des 7, 21 et 28 mai, des 4 et 11 juin 1877.

Cette question en a soulevé une autre, celle du mérite relatif des notations chimiques exprimées en équivalents ou en atomes.

Je ne veux pas m'occuper actuellement de la première question. L'exactitude du principe d'Avogadro ne peut être admise qu'à la condition de supposer que les atomes des gaz simples ne peuvent pas exister à l'état libre, mais sont soudés deux à deux formant ainsi des molécules occupant deux volumes comme celles des corps composés. Il y aurait à en excepter cependant le mercure et le cadmium dont les molécules seraient formées d'un seul atome, et d'autre part le phosphore et l'arsenic dont les molécules contiendraient quatre atomes.

Cette hypothèse n'a rien d'absurde en elle-même. Elle rendrait assez bien compte de certains faits chimiques, ainsi de la plus grande énergie d'action que possèdent les corps à l'état naissant, c'est-à-dire avant que leurs atomes se soient combinés deux à deux pour former les molécules, et de la facilité de certaines réactions signalées par M. Wurtz. Elle n'est pas moins favorable à l'explication de quelques faits physiques, par exemple de l'égalité de chaleur spécifique à volume égal des gaz simples et des gaz composés dont la molécule est formée de deux atomes comme l'oxyde de carbone, l'acide chlorhydrique, etc. Elle a trouvé récemment un appui important dans les recherches de MM. Kundt et Warburg [1] sur la chaleur spécifique de la vapeur de mercure, qui établissent que cette chaleur est conforme aux prévisions de la théorie mécanique de la chaleur pour un gaz à molécules monoatomiques, tandis

[1] *Berichte der Deutschen chemischen Gesellschaft*, 1875, p. 945.

que cet accord n'existe pas pour les autres gaz simples. Mais il faut reconnaître que ces considérations ne constituent pas encore des preuves suffisantes.

D'un autre côté il y a un certain nombre de corps composés dont les densités de vapeur sont en contradiction avec le principe d'Avogadro. Il faudrait admettre que tous ces composés éprouvent une véritable décomposition lorsqu'ils paraissent se vaporiser, en sorte que l'on ne mesure pas réellement leur volume, mais bien celui de leurs éléments ou des produits de leur décomposition. Or le fait de cette décomposition, constaté dans quelques cas, ne l'est pas encore dans tous.

On le voit, le principe d'Avogadro soulève des objections sérieuses, et sans être absolument convaincu de sa fausseté, comme mon savant ami, M. Deville, je reconnais que ce n'est encore qu'une hypothèse contredite par quelques faits dont on n'a pas encore donné une explication satisfaisante.

Mais, je le répète, je ne veux pas aborder maintenant cette discussion, qui exigerait des développements très-étendus et qui ne pourra être vidée qu'à la suite de longues et difficiles expériences. J'ai voulu seulement rappeler la question débattue, parce que sa solution exercerait sans doute quelque influence sur celle des notations chimiques, bien qu'elle ne lui soit pas nécessairement liée.

Quant à cette question du système de notations le plus convenable à adopter, il est peut-être nécessaire d'expliquer pourquoi elle se soulève, et ne peut guère être soulevée qu'en France. Ailleurs en effet elle s'est résolue peu à peu, à mesure que de nouveaux chimistes, acceptant les notations atomiques, abandonnaient dans leurs écrits et dans leur enseignement les formules en équivalents. On

est arrivé ainsi presque partout, je crois, par l'adhésion successive de la grande majorité des chimistes, et sans avoir à soutenir une lutte formelle, à substituer presque complétement les formules atomiques aux autres. Mais il n'a pu en être ainsi en France. Soit, ce que j'ignore complétement, que des règlements de l'Université s'opposent à ce que chaque professeur choisisse la méthode d'enseignement qui lui convient, soit que l'obligation de suivre une méthode uniforme leur soit imposée seulement par le sentiment qu'ils placeraient leurs élèves dans un état d'infériorité relative, s'ils ne choisissaient pas la méthode qui est le plus en faveur auprès des membres qui composent les jurys d'examens, il est certain qu'un changement aussi important que celui du système de notations chimiques ne pourra être introduit dans l'enseignement général que lorsqu'il aura été jugé nécessaire, non-seulement par une grande majorité du corps enseignant, mais encore par les Conseils supérieurs dirigeant l'Université, dans lesquels peut-être les chimistes n'ont pas seuls de l'influence. On comprend sans doute que, dans de telles conditions, les partisans des deux systèmes opposés les remettent souvent en discussion devant le corps savant qui jouit de la plus haute autorité, pour tâcher de maintenir l'un ou de faire triompher l'autre.

Pour aborder cette discussion, il paraîtra sans doute convenable de définir ce que l'on entend par ces poids équivalents et ces poids atomiques que l'on oppose les uns aux autres.

Pour les équivalents, je vois bien que M. Berthelot [1] nous dit que « leur définition est une notion claire. »

[1] *Comptes rendus*, p. 1194.

Malheureusement il ne l'a pas donnée, et j'avoue que je n'en connais aucune, aucune du moins qui soit précise et générale. Sans doute lorsqu'on compare entre eux des éléments tels que le chlore, le brome, et l'iode, la définition de leurs équivalents relatifs est parfaitement claire, le terme employé porte en lui-même sa définition. Mais dès qu'il s'agit de corps qui n'offrent plus une pareille analogie, et surtout de ceux qui ne jouent plus le même rôle, la notion d'équivalent n'a plus de sens. Je défie que l'on donne une définition générale des équivalents justifiant le poids 14 adopté pour celui de l'azote. Il correspond en volume aux équivalents de l'hydrogène et du chlore, mais n'a point la même valeur chimique. Il a la même valeur chimique que les équivalents du phosphore et de l'arsenic, mais n'occupe pas le même volume. Il ne correspond ni pour le volume, ni pour la valeur chimique aux équivalents de l'oxygène, du soufre, de la plupart des métaux. Quelle est donc sa raison d'être ?

Si, à défaut d'une définition générale, qui manque complétement, nous cherchons la signification des équivalents dans les méthodes employées pour les déterminer, voici la conclusion à laquelle nous arrivons.

L'expérience prouve que l'on peut assigner à chaque corps, soit simple, soit composé, un certain nombre de poids multiples les uns des autres, exprimant les proportions suivant lesquelles tous les corps peuvent se combiner entre eux. L'un de ces poids est choisi pour exprimer l'équivalent de ce corps. Il en résulte que toutes les combinaisons résultent de l'union d'un nombre simple d'équivalents des divers éléments, et qu'en exprimant ces équivalents par des symboles (en général la première lettre du nom de chaque corps, elles peuvent être repré-

sentées par des formules en général peu compliquées. C'est là, au fond, la seule condition absolument exigée des équivalents, et l'on voit par là que la seule définition générale, sinon précise, que l'on en puisse donner, c'est que l'équivalent représente, pour chaque corps, l'un des poids de ce corps susceptibles de se combiner avec les autres équivalents.

En théorie, le choix à faire entre ces divers poids est assez indifférent. Dans la pratique cependant on est presque toujours conduit à en préférer un, en prenant pour guides les règles suivantes, qui peuvent d'autant moins être considérées comme absolues, qu'elles ne conduisent pas toujours au même résultat.

1° Lorsqu'il s'agit de corps analogues, jouant le même rôle chimique, on choisit pour leurs équivalents relatifs les poids qui se remplacent dans des combinaisons analogues. Remarquons cependant qu'on ne suit en aucune façon ce principe lorsqu'il s'agit des corps composés, comme les bases ou les acides, dont on appelle équivalents des poids qui ont souvent des valeurs de combinaison très-différentes, en sorte qu'on arrive à de singulières anomalies de langage, comme celles-ci : un équivalent d'alumine équivaut à trois équivalents de magnésie ; un équivalent d'acide phosphorique à trois d'acide azotique, etc. En fait on a complétement abandonné pour ces corps le principe fondamental des équivalents et adopté, pour les équivalents des corps composés, une méthode empruntée à la théorie atomique, en prenant pour leurs poids la somme des équivalents des éléments qui se sont unis pour leur formation.

Je ne pense pas me tromper en affirmant ce fait, car

je vois que M. Berthelot [1] dit : un équivalent d'acide phosphorique vaut trois équivalents d'acide azotique, lorsqu'il forme un phosphate tribasique.

2° On cherche encore à choisir les équivalents de telle sorte que les composés qui offrent le plus d'analogie soient représentés par des formules semblables. C'est ce principe qui a dirigé dans le choix des équivalents de l'aluminium et du cuivre. Il est souvent en contradiction avec le précédent. Ainsi l'aluminium et le magnésium, qui sont tous deux des agents de désoxydation énergiques, ne se remplacent pas du tout dans le rapport indiqué par les équivalents adoptés pour ces deux métaux.

3° Lorsqu'aucune des deux règles précédentes n'est applicable, ou lorsqu'elles conduiraient à des formules compliquées, on choisit l'équivalent d'un corps de manière à donner les formules les plus simples possibles à ses combinaisons les plus importantes. C'est par cette considération que l'on peut justifier le choix des équivalents de l'azote, du phosphore, de l'arsenic et de bien d'autres éléments.

On le voit, les équivalents constituent un système purement conventionnel, fort arbitraire, et qui ne peut avoir aucune prétention à une valeur scientifique.

On remarquera sans doute que l'explication que je donne des équivalents s'écarte un peu de celle qui en a été donnée par mon illustre maître, M. Dumas, dans ses

[1] *Comptes rendus*, p. 1273. Je ne puis d'ailleurs en aucune façon accepter ce qu'il dit au même lieu, que cet équivalent d'acide phosphorique peut aussi valoir un équivalent d'acide azotique en formant un phosphate monobasique ou deux équivalents en formant un phosphate bibasique. Pour admettre de telles expressions, il faut dénier complétement à l'eau le rôle que tous les chimistes lui ont attribué dans ces sels depuis le beau travail de Graham.

leçons de philosophie chimique. La raison en est simple. Le savant chimiste prend pour point de départ les équivalents des bases déterminés par leur équivalence chimique réelle, et renfermant tous par conséquent une même proportion d'oxygène. Il en déduit rigoureusement les équivalents des acides représentés par les poids nécessaires pour neutraliser un équivalent de base. Puis il cherche à établir après cela les équivalents des éléments par des considérations dont il reconnaît lui-même qu'elles prêtent souvent à l'arbitraire. Mais en fait, cette manière de déterminer les équivalents n'a jamais été suivie ou a été complétement abandonnée, comme je l'ai fait remarquer plus haut, probablement parce qu'elle conduisait à des formules bien difficiles à admettre. J'ai dû donner le sens des équivalents tels qu'ils sont adoptés et non pas tels qu'ils auraient pu l'être.

Occupons nous maintenant de la définition des poids atomiques. Si la définition précise des équivalents est impossible, tandis que leur détermination ne rencontre pas de grandes difficultés puisqu'on les lève, lorsqu'elles existent, par des conventions arbitraires, c'est ici l'inverse qui a lieu.

Si l'on se reporte à l'hypothèse fondamentale de la théorie atomique, qui suppose que la divisibilité des corps n'est pas indéfinie, mais qu'ils sont formés au contraire de l'agglomération de particules excessivement petites, mais indivisibles, d'atomes en un mot, la définition théorique des poids atomiques est des plus simples, ce sont en effet les poids relatifs de ces dernières particules. Mais autant la définition est simple, autant la détermination est difficile.

L'hypothèse de l'existence des atomes rend compte

d'une manière si simple de celle de proportions chimiquement équivalentes entre les éléments qui jouent le même rôle, qu'on est naturellement conduit au premier abord à considérer ces proportions comme représentant leurs poids atomiques relatifs, bien que cette conséquence ne soit pas rigoureusement nécessaire. Mais il est évident que puisque cette considération de l'équivalence chimique ni aucune considération tirée de la chimie seule, n'a pu conduire à un système complet et logique d'équivalents chimiques, elle ne suffira pas davantage à nous diriger dans le choix de tous les poids atomiques, et comme ceux-ci, en raison de l'hypothèse relative à leur nature, ne peuvent pas être arbitraires comme les équivalents, il a bien fallu recourir à l'étude des propriétés physiques des éléments et des corps composés afin d'y chercher des motifs pour se diriger dans cette détermination. Parmi toutes les considérations qui peuvent être invoquées, les plus importantes sont les densités des gaz et des vapeurs, les chaleurs spécifiques, les faits d'isomorphisme.

Je reconnais que dans quelques cas très-rares, ces trois ordres de propriétés physiques ne conduisent pas au même résultat, et je suis entièrement d'accord avec M. Berthelot lorsqu'il dit : entre ces trois données, il faut choisir. Mais je me sépare complétement de lui dans la conséquence que j'en tire. S'il ne le dit pas expressément, toute son argumentation prouve qu'il en conclut qu'il n'y a pas à tenir compte de ces considérations dès qu'elles dérangent l'usage établi de certains poids adoptés depuis longtemps dans les notations chimiques. Pour moi au contraire je pense qu'il faut en tenir le plus grand compte, qu'il ne faut pas craindre lorsqu'elles sont toutes d'accord de modifier quelques formules qui n'ont en leur faveur

qu'un long usage, surtout lorsque la modification nécessaire est réellement insignifiante, et s'il y a désaccord entre elles, il faut étudier les faits avec le plus grand soin, voir dans quel cas une anomalie peut s'expliquer, et choisir le poids qui rend le mieux compte de l'ensemble des propriétés des éléments et des combinaisons.

Ce travail est-il impossible ? La preuve qu'il ne l'est point, qu'il n'y a même aucune difficulté sérieuse à déterminer quel est le poids atomique qui répond le mieux aux propriétés physiques, c'est qu'il n'y a aucun corps sur le poids atomique duquel il y ait désaccord entre tous les chimistes qui admettent ce système de notation, sauf pour des corps encore trop mal connus, dont les propriétés physiques n'ont pas encore été suffisamment étudiées, et pour lesquels d'ailleurs la notion de l'équivalent est aussi incertaine que celle du poids atomique.

Je n'ignore pas que la plus grande partie des chimistes partisans des formules atomiques croient pouvoir donner maintenant une définition des poids atomiques rigoureuse. Partant des molécules, qu'ils définissent comme le plus faible poids d'un corps, simple ou composé, qui puisse exister à l'état de liberté, admettant comme un axiome le principe d'Avogadro de l'égalité de volume à l'état gazeux de toutes les molécules, ce qui permet de déterminer leurs poids relatifs, ils définissent l'atome comme étant la plus petite quantité d'un corps qui puisse entrer dans la composition d'une molécule. Cette définition leur permet de déterminer les poids atomiques sans incertitude, au moins pour tous les corps qui peuvent entrer dans des combinaisons volatiles. Je n'ai pas voulu m'appuyer sur cette considération, parce que, pas plus que MM. Deville et Berthelot, je ne regarde le principe d'Avo-

gadro comme absolument démontré. Mais ce que je crois surtout devoir faire remarquer, c'est qu'il n'y a pas, à ma connaissance, un seul cas dans lequel l'application de cette définition des poids atomiques ait servi à établir ou à changer un poids atomique déterminé antérieurement par les considérations que j'ai rappelées plus haut. Peut-être faudrait-il faire exception pour le bore et le silicium, mais jamais les poids atomiques de ces éléments n'avaient été considérés comme bien sûrement déterminés, pas plus du reste que leurs équivalents. Cette observation pourrait même être invoquée comme la plus forte preuve en faveur de la justesse de la définition que je viens de signaler, mais que je n'ai pas voulu admettre comme constituant une base assez sûre pour la détermination des poids atomiques.

Mais j'ai à répondre à une objection dont je reconnais toute la valeur, c'est, semble-t-il, celle qui détermine le plus l'opposition de M. Berthelot. Les poids atomiques reposent sur une hypothèse dont l'exactitude n'a jamais été et ne pourra peut-être jamais être démontrée, que beaucoup de savants considèrent même comme invraisemblable, celle de l'existence des atomes.

Je suis bien près d'être d'accord avec lui sous ce rapport, aussi n'ai-je nullement pour but de soutenir la théorie atomique, mais bien les notations chimiques fondées sur l'emploi des poids atomiques. Or je réponds à l'objection ci-dessus que l'hypothèse de l'existence des atomes ne sert absolument qu'à justifier le nom de *poids atomiques*, que je consentirais très-volontiers à remplacer par tout autre. Je ne connais aucun cas dans lequel on ait employé, pour déterminer les poids atomiques, une méthode fondée sur le principe de l'indivisibilité des

atomes, par conséquent ces poids en sont complétement indépendants. Au fond, je ne vois dans les poids atomiques, et je crois que bien des chimistes partagent cette opinion, que des équivalents, pour la détermination desquels on cherche à remplacer des conventions arbitraires par des considérations scientifiques tirées de l'étude des propriétés physiques.

Résumons les avantages que présentent à ce point de vue les notations atomiques.

Pour les corps simples d'abord, les poids atomiques représentent des volumes égaux de tous les gaz simples, en sorte que les rapports de combinaison des gaz en volumes sont exprimés directement par les formules atomiques, tandis qu'ils ne le sont point par les formules en équivalents. Cette loi présente quelques exceptions pour les vapeurs, pour le phosphore, l'arsenic, le mercure, le cadmium, mais les mêmes anomalies existent pour les équivalents.

Les poids atomiques sont exactement proportionnels aux chaleurs spécifiques des gaz simples non liquéfiables, ce qui n'a pas lieu pour les équivalents. Conformément à la loi de Dulong et Petit, les chaleurs spécifiques des atomes de tous les corps simples solides ou liquides sont sensiblement les mêmes, sauf pour trois corps, le carbone, le bore et le silicium, dont les propriétés physiques offrent de nombreuses anomalies, et pour lesquels cette propriété varie avec la température dans des proportions inconnues pour tous les autres corps. Les équivalents ne permettent point ce rapprochement. Je ne crois pas avoir à revenir sur l'objection soulevée par M. Berthelot, et fondée sur ce que cette égalité des chaleurs atomiques est loin d'être absolue, objection à laquelle il a été suffisamment ré-

pondu par MM. Wurtz et Fizeau. J'ajouterai seulement que si l'on n'admettait comme lois physiques que celles qui sont absolues, il n'en subsisterait guère. La loi même des volumes de Gay-Lussac devrait être abandonnée, puisqu'il est constaté que les différents gaz n'ont pas le même coëfficient de dilatation, en sorte que l'existence de rapports simples dans les combinaisons en volume ne peut être rigoureusement vraie.

Pour les corps composés les formules moléculaires, reposant sur l'emploi des poids atomiques, présentent les mêmes avantages, peut-être plus sérieux encore, quand on les compare aux formules en équivalents.

L'emploi des poids atomiques permet de dédoubler les formules d'un grand nombre de composés, et en particulier de la plus grande partie des substances organiques. Non-seulement il en résulte une simplification, mais surtout il arrive que les formules de presque tous les composés correspondent à un même volume, double de celui qu'occupe un atome simple. Il n'y a d'exception que pour un nombre de corps excessivement petit, appartenant en général à des types de composition complexes comme les sels d'ammoniaque et des bases dérivées de l'ammoniaque et il n'est pas démontré que l'on ne trouve une loi à ces exceptions s'il est bien établi, comme le pense M. Deville, qu'elles ne reposent pas sur des erreurs résultant d'une décomposition des vapeurs de ces corps. En revanche les formules en équivalents ne nous apprennent rien sur les densités de vapeur des corps composés, puisque leurs équivalents peuvent correspondre à 2, 4 ou 8 volumes de vapeur, peut être même à 6 si l'on maintient l'ancien équivalent du silicium, comme le font encore quelques partisans de ce système de notation. Les formules molé-

culaires sont également d'accord avec les chaleurs spécifiques des corps composés à l'état solide ; en effet, suivant la loi de Woestyn, les chaleurs moléculaires sont proportionnelles au nombre d'atomes contenus dans la molécule avec une limite d'approximation à peu près du même ordre que celle qu'on observe pour la loi de Dulong et Petit. Les formules en équivalents ne permettent pas ce rapprochement.

Enfin ce système de notation donne l'explication de plusieurs cas d'isomorphisme incompréhensibles avec les notations en équivalents. Ainsi pour les perchlorates et les permanganates, pour le chlorure et le sulfure d'argent comparés au protochlorure et au protosulfure de cuivre. Je pourrais rappeler aussi que c'est en m'appuyant sur ces considérations que j'ai été conduit à découvrir la présence de l'oxygène dans des composés fluorés du niobium où elle n'avait point encore été soupçonnée, et que les formules de ces composés, exprimées en équivalents, ne m'auraient point suggéré cette idée.

En présence de ces avantages, quels sont ceux que peut offrir le système des équivalents et des notations auxquelles il sert de base ? On peut je crois en signaler deux.

D'abord, comme tout système conventionnel, il ne renferme en lui-même aucune cause nécessaire de changement. Il peut demeurer invariable. Comme il n'y avait aucun motif sérieux pour choisir le nombre 14 pour l'équivalent de l'azote, plutôt que 7 qui lui aurait attribué un volume égal à celui de l'oxygène, ou $\frac{14}{3}$ qui aurait mieux rendu compte cependant de sa valeur de combinaison vis-à-vis de l'hydrogène et des métaux, on peut croire que l'on n'aura jamais non plus de motif suffisant

pour le remplacer par l'un de ces nombres. La détermination des équivalents n'étant soumise à aucune règle fixe, ils ne sont pas nécessairement modifiés à la suite d'une connaissance plus exacte des propriétés des corps.

En second lieu, comme on ne s'astreint point, dans cette détermination, à tenir compte des propriétés physiques des corps, on peut mieux avoir égard à leur équivalence chimique lorsqu'elle existe. De là quelque avantage dans leur application à la chimie pratique.

Ces considérations ont sans doute quelque valeur. Cependant en examinant les choses de plus près, il est facile de s'assurer qu'il y a en réalité, sous ces deux rapports, bien peu de différence entre les deux systèmes.

Il est vrai qu'il y a eu une époque où l'on fut appelé à plusieurs reprises à changer les poids atomiques et c'est sans doute pour cela qu'on abandonna alors les notations atomiques pour celles en équivalents. Mais l'histoire de la Chimie nous apprend que, depuis plus de trente ans, aucun changement n'a été reconnu nécessaire pour des corps bien connus, et que ceux qui ont été admis, pour quelques éléments dont les propriétés ou les combinaisons n'étaient que trop imparfaitement connues antérieurement, ont paru tellement justifiés par leur étude chimique, que les équivalents mêmes de ces corps ont dû subir les mêmes modifications. Je veux parler, par exemple, du bismuth, de l'urane, du vanadium, du tantale, du niobium. Au fond le seul changement important qui ait été apporté aux poids atomiques, depuis l'introduction dans la chimie des systèmes de notations, a été la réduction à moitié des poids de l'argent et des métaux alcalins, basée sur des considérations tirées soit de la chaleur spécifique de ces corps à l'état solide et de celles de toutes leurs combi-

naisons, soit de l'isomorphisme, comme l'a établi le premier M. Regnault [1]. Ainsi au point de vue de l'invariabilité, les deux systèmes n'ont aucun avantage l'un sur l'autre.

Quant à celui qui résulte de ce que les équivalents expriment les rapports d'équivalence chimique réelle, dans quelques cas où ils ne sont pas indiqués par les poids atomiques, il n'aurait d'importance que s'ils les exprimaient toujours. Mais on sait qu'il n'en est rien. Or il n'est pas plus difficile de concevoir et de se rappeler qu'un atome d'oxygène vaut deux atomes de chlore et un atome de plomb deux atomes d'argent, que de savoir qu'un équivalent d'azote vaut trois d'oxygène, et que deux équivalents d'aluminium en valent trois de magnésium.

Je ne vois donc là rien qui puisse contre-balancer les avantages que j'ai signalés pour les notations atomiques.

On trouvera peut-être dans ce qui précède une contradiction. J'ai dit que le système des équivalents pouvait offrir des conditions d'invariabilité que ne présente pas celui des poids atomiques. J'ai fait remarquer d'autre part que, depuis longtemps, tout changement de poids atomique en avait entraîné un dans les équivalents.

En cherchant la cause de cette contradiction apparente, il me semble que l'on est amené à une observation qui nous donne peut-être la clef de toute la discussion actuelle. C'est qu'au fond, et abstraction faite de toute considération relative à l'origine de ces dénominations d'équivalents et de poids atomiques, il n'y a guère de

[1] *Annales de Chimie et de Physique*, 3e série, I, 191 (1841).

différence entre les deux systèmes, et que les partisans des équivalents acceptent très-bien les principes qui servent de base à la détermination des poids atomiques, sauf dans le cas où il en résulte la nécessité de changer les formules de quelques-uns des corps les plus importants et les plus répandus.

OBSERVATIONS
SUR
QUELQUES PLANTES FOSSILES DU TESSIN MÉRIDIONAL
ET SUR LES
GISEMENTS QUI LES RENFERMENT
A PROPOS DE
LA CONTROVERSE GLACIAIRE

PAR
M. F. SORDELLI
Directeur-adjoint du Musée d'histoire naturelle de Milan.

Mes lecteurs sont déjà sans doute au courant de la controverse soulevée à propos des découvertes faites dans ces dernières années aux environs de Côme. Ils savent combien de jugements disparates ont été émis de la part des hommes les plus compétents et dont l'autorité est généralement reconnue. Ce serait donc de ma part une prétention tout à fait déplacée si je voulais juger entre eux en dernier ressort, en donnant raison aux uns et tort aux autres.

Ayant eu occasion cependant de m'occuper de la question, en poursuivant mes recherches sur la flore fossile de Lombardie, je ne crois pas entièrement inutile de résumer ici le fruit de mes propres observations sur les gisements et les fossiles, sujet de tant de discussions animées entre les géologues, et de faire connaître en même temps mon opinion personnelle, telle qu'elle découle de l'examen attentif de tous les faits ayant trait au problème, et dont j'ai pu avoir connaissance. On

verra, de la sorte, en quoi mes observations et mon opinion diffèrent de celles d'autrui.

On sait que quelques géologues voient dans les découvertes faites à Cassina Rizzardi, à Balerna et dans d'autres localités désormais célèbres des environs de Côme, la preuve que les glaciers, lors du grand développement qui leur a permis de sortir de nos vallées et d'empiéter sur la plaine lombarde, n'ont pas trouvé cette plaine déjà émergée, mais recouverte encore par les flots de la mer.

Loin de vouloir contester le fait lui-même, je ne crois pas cependant qu'on puisse invoquer le témoignage de ce qu'on peut observer aux localités désignées jusqu'à présent, pour appuyer une manière de voir qui multiplierait les difficultés au lieu de les aplanir. En effet ce qui frappe d'abord, ce sont les caractères par lesquels ces gisements se différencient entre eux d'une manière si remarquable que je ne crois pas possible de les réunir ensemble et de les rattacher à un même ordre de phénomènes.

Les gisements que l'on a appelés à la fois *marino-glaciaires* et *pliocènes* sont les suivants :

Celui de *Pontegana,* entre Chiasso et Balerna.

Celui des *Fornaci* ou fours à briques de *Balerna.*

Enfin celui qui a été désigné tour à tour par les noms de *Fino, Cassina Rizzardi*[1], *Bulgaro, Caccivio* ou *Bernate.* Excepté ce dernier nom qu'on doit abandonner, tous les autres peuvent servir pour désigner *un* seul gisement

[1] Je trouve quelquefois imprimé *Casa Rizzardi*, mais cette orthographe est erronée, c'est *Cassina* qu'il faut écrire. — *Casa* signifie une maison. — *Cassina* désigne en Lombardie une réunion de maisons de cultivateurs, un hameau. Plusieurs, en s'agrandissant, devinrent peu à peu des villages, mais le nom leur est resté.

parsemé de nombreuses carrières de gravier qui offrent partout les mêmes fossiles et le même assemblage de matériaux incohérents.

Qu'il me soit permis de rappeler ici brièvement les particularités les plus saillantes de chacun de ces trois gisements :

À *Pontegana* nous avons une marne bleuâtre alternant avec du sable jaunâtre et, çà et là, avec quelques minces couches de mollasse, le tout contenant non-seulement les phyllithes dont je parle plus loin, mais encore de nombreuses coquilles marines et des échinodermes du pliocène le plus incontestable. Ce dépôt affleure sur un espace très-limité presque au niveau du torrent de la Breggia.

Parmi les fossiles animaux on connaît jusqu'à présent les espèces suivantes :

Nassa italica (Buccinum — Mayer) = Buccinum costulatum Brocchi, non Renier.
Columbella thiara Brocchi.
Cassidaria tyrrhena Chemnitz.
Cassid. echinophora Linn.
Turritella subangulata Brocchi.
Cuvieria astesana Rang.
Pecten cristatus Bronn.
Pect. de Filippii Stoppani.
Arca diluvii Lamk.
Lucina lactea Linn.
Cytherea rudis Poli.
Axinus flexuosus Mont.
Tellina elliptica Brocchi.
Syndosmia obovalis Wood.
Brissopsis Pecchiolii Desor.

Dans ces couches marines *pas la moindre trace de cailloux striés ;* sur elles repose, au contraire, un conglomérat observé assez bien par MM. Rutimeyer et Taramelli, qui y ont reconnu des éléments presque tout à fait locaux provenant des montagnes qui environnent la vallée de la Breggia. M. Taramelli y voit même les restes d'un ancien cône de déjection de ce torrent. C'est enfin sur ce conglomérat que s'appuie le vrai terrain glaciaire, qui est représenté ici par la moraine sur laquelle est bâti le hameau de Pontegana.

Le terrain glaciaire, très-développé à l'ouest, est représenté aux tuileries de *Balerna* par une argile bleue, *sans fossiles,* renfermant des cailloux striés, dont le poli est vraiment parfait. D'après l'orographie du pays nous avions donc, pendant l'extension des glaciers, un petit lac au fond duquel se déposait la boue, et avec elle les cailloux entraînés par les glaces flottantes arrachées au flanc droit du glacier qui se dirigeait sur Côme. Des dépôts semblables formés au sein de lacs glaciaires, persistants, ou bien tout à fait transitoires, sont très-fréquents dans les *Préalpes*, par exemple aux environs du lac d'Iseo, à Bernasca, etc. Partout cependant les fossiles font défaut, ou bien sont représentés par des espèces terrestres ou d'eau douce. Il est bon de noter encore que les couches tertiaires marines peuvent quelquefois être *recouvertes* par des boues glaciaires ou des moraines. Ainsi à Coldrerio, près Balerna, les professeurs Pavesi et Taramelli ont pu observer qu'au-dessous de quelques débris morainiques le pliocène fait sa réapparition avec les mêmes caractères qu'à Pontegana. C'est même cette marne argileuse de Coldrerio qu'on exploitait il n'y a pas longtemps pour servir aux fours à briques de Balerna ; et

c'est sans doute à cette circonstance qu'on doit la trouvaille d'un oursin dans une localité parfaitement caractérisée d'ailleurs par son argile glaciaire et ses cailloux polis et striés.

A *Cassina Rizzardi* nous nous trouvons enfin au milieu d'un territoire tout parsemé de monticules morainiques [1] aux pieds desquels les eaux ont déposé une puissante alluvion, qui nous permet encore de reconnaître, mêlés ensemble, les matériaux de tous les terrains qui ont concouru à sa formation. M. l'abbé Mercalli par ses observations sur l'étendue du dépôt à coquilles roulées à droite et à gauche de la Lura, vient de faire connaître les limites de l'alluvion ancienne de cette rivière aux environs de Cassina Rizzardi et de Bulgaro [2]. C'est dans

[1] C'est au sujet de l'existence des cailloux rayés dans les carrières de gravier de Cassina Rizzardi et des alentours, que les différents observateurs se sont trouvés le plus en désaccord. Dans un pays où les glaciers ont laissé partout des traces de leur activité, rien de plus facile que de ramasser de nombreux cailloux glaciaires, pour peu qu'on cherche autour de soi. Si cependant on se limite à ne les chercher que *dans les couches mêmes* de sable et de gravier *contenant les fossiles* on aura fort peu de chance d'en trouver qui soient suffisamment caractérisés. Ceci explique pourquoi certains observateurs très-familiers avec les phénomènes glaciaires n'ont pas réussi à les observer, ou bien en ont recueilli un tout petit nombre portant, avec les stries glaciaires, les signes d'un transport ultérieur.

[2] Il est bon de noter que toute la série des localités qui ont fourni jusqu'ici des fossiles marins mêlés à des sables et à des graviers, comme à Cassina Rizzardi, loin d'embrasser une grande étendue, comme ce devrait être le cas pour une plage marine, se pressent au contraire sur un très-petit espace : en effet, entre Caccivio et Fino les deux points les plus éloignés de cette série de carrières de gravier il n'y a pas plus de 4 kilomètres. C'est presque la largeur qu'avaient anciennement les eaux de l'Olona, mesurée aux environs de Legnano et de Parabiago, et marquée par les deux terrasses les plus éloignées des bords actuels du fleuve. On ne doit donc pas s'étonner si la Lura, qui dans son cours a tant de ressemblance avec l'Olona, a pu,

cette alluvion que la Lura et son affluent, la Livescia, ont pu se creuser plus tard leurs lits actuels.

Quant aux coquilles marines et aux autres fossiles qui composent ce que j'ai appelé la *faune de Cassina Rizzardi*, il est évident que ce sont là des fossiles roulés, différant beaucoup par leur conservation de ceux qu'on recueille dans les terrains formés directement dans la mer; leur état ne permet pas de les assimiler à des coquilles remuées par les vagues et rejetées sur le rivage. Car, sans même s'appuyer sur le fait que ce sont seulement les restes d'animaux ensevelis dans un terrain en formation qui peuvent être plus ou moins préservés et devenir fossiles, et non pas ceux qui restent exposés à l'air, la simple observation fait reconnaître que les coquilles de Cassina Rizzardi présentent dans les parties les plus saillantes une usure qui est *en rapport direct avec leur poids*. Les plus grosses sont les plus maltraitées, les moyennes sont déjà moins usées, et les petites peuvent, à la rigueur, passer pour bien conservées, surtout si on ne les compare pas, la loupe à la main, avec les mêmes espèces provenant de quelque autre dépôt non remanié. Parmi les coquilles rejetées par la mer, on observe, au contraire *tous les degrés possibles d'usure*, même *parmi celles de la même espèce* et ayant le *même poids* et le *même volume*; car avec celles qui sont depuis longtemps en proie aux caprices des ondes, et ont à cause de cela presque tout à fait perdu leur forme primitive, on en

à l'époque des grandes eaux, distribuer ses produits d'alluvion sur une surface d'une largeur si limitée, surtout si l'on réfléchit aux changements qui peuvent avoir eu lieu à différentes époques dans son cours, changements dont on a des documents irréfutables pour un grand nombre de nos cours d'eau.

trouve aussi qui ont été poussées au rivage depuis quelques jours seulement, et ne présentent que de bien faibles traces de corrosion sur les parties saillantes; et enfin les coquilles qui ont été jetées sur la rive depuis peu d'instants ne peuvent être distinguées de celles qui vivent encore dans la mer voisine, que par l'altération des parties molles, la dislocation des valves, etc.

On a émis, à propos de Cassina Rizzardi, l'opinion que ce dépôt à coquilles marines, serait une *moraine profonde* déposée dans la mer, comparable sous tous les rapports avec celles que les glaciers actuels du Groënland déposent dans les *fjords* et les golfes dont le littoral est entrecoupé. Cependant, si cette opinion était la vraie, on ne pourrait pas expliquer :

1° Pourquoi le dépôt est formé de graviers et de sable parfaitement lavés, et manque tout à fait de boue glaciaire, qui aurait dû se déposer en très-grande quantité au-dessous des glaces flottantes ou *icebergs* qui se détachent sans cesse du front du glacier. Cette boue, provenant soit des moraines, soit de l'action érosive de la glace sur les roches sous-jacentes, est en effet très-abondante partout dans les dépôts marino-glaciaires du Spitzberg et du Groenland. On sait que le Dr Torell a même trouvé que les coquilles sont plus nombreuses et plus variées là où le fond est recouvert par la boue presque impalpable provenant des glaciers. Or, rien de cela ne se trouve ni à Cassina Rizzardi, ni à Bulgaro, ni à Caccivio.

2° Pourquoi les coquilles sont toutes corrodées en raison directe de leur poids et brisées pour la plupart : les oursins sont tous défaits, leurs aiguilles isolées, cassées et

usées même sur les cassures; les glands de mer, ou *Balanus*, ne s'y rencontrent qu'avec les valves libres, détachées les unes des autres; des mollusques bivalves de même.

3° Pourquoi les coquilles à spirale contiennent très-souvent dans les premiers tours de la spire de l'argile ou de la marne sableuse jaune, qui n'a aucune ressemblance avec le sable meuble et le gravier qui obstruent la bouche des mêmes coquilles et constituent essentiellement le dépôt en question.

4° Pourquoi ce dépôt à coquilles roulées est partout *stratifié* de la même manière que les alluvions de nos torrents.

5° Comment une faune très-riche, dont on connaît maintenant près de 200 espèces, pouvait vivre dans un espace aussi borné, que celui qui a fourni les coquilles étudiées par moi et par d'autres, et près d'énormes masses de glace. — On sait que, même dans les mers les plus favorisées au point de vue de la température et caractérisées par une faune très-nombreuse, les espèces se trouvent, comme partout ailleurs, cantonnées, de telle sorte qu'il faut visiter plusieurs localités pour recueillir une grande variété d'espèces et se faire une idée moins incomplète de la faune qu'on veut étudier. A Cassina Rizzardi, à Caccivio, pas la moindre apparence de ce cantonnement qui, j'en appelle à tous les chercheurs de fossiles, se manifeste dans tous les autres gisements de fossiles *non remaniés*.

L'examen des cailloux perforés par les lithophages me paraît très-concluant pour éclaircir le problème. C'est même en m'appuyant sur les faits présentés par

ceux-ci que j'ai soutenu ailleurs [1] que le dépôt en question ne pouvait pas être considéré comme formé directement dans la mer. M. Taramelli a parfaitement compris tout cela et a fait ressortir encore mieux la vraie signification de ces cailloux, en faisant remarquer que ceux qu'on trouve perforés appartiennent exclusivement aux roches calcaires des montagnes et des collines tout à fait méridionales du lac de Côme, c'est-à-dire à celles dont le pied était baigné par la mer pliocène [2]. Si les lithophages eussent perforé des cailloux entraînés à la mer par le glacier, on devrait trouver aussi, également perforés, les cailloux du calcaire saccaroïde de Musso et d'Olgiasca et du calcaire alpin de la Valteline ; jusqu'à présent, on n'en a pas observé ; ces roches paraissent, au contraire, avoir complétement échappé à la perforation.

Les petits blocs de cailloux cimentés, que M. Renevier a cru être du *ceppo*, ont été détachés des collines voisines de Drezzo, Cavallasca et Camerlata ; les géologues attribuent ce conglomérat au miocène ; ses couches sont très-inclinées et devaient être en partie émergées pendant la déposition des argiles et des marnes pliocènes. Les flots marins battaient alors en brèche ces collines, dégageant les cailloux naturellement déjà arrondis, mais transportant aussi à peu de distance des blocs formés de plusieurs cailloux reliés ensemble par le ciment calcaire. Les lithophages, les gastrochènes surtout, ont de la sorte perforé les cailloux de même que le ciment ; mais cela ne prouve pas que ces mollusques aient perforé des cailloux glaciaires.

[1] *Sordelli.* La fauna marina di Cassina Rizzardi. 1875. — Id. Nuove osservazioni sulla fauna fossile di Cassina Rizzardi. 1876.

[2] *Taramelli.* Alcune osservazioni sul ferretto della Brianza, p. 24.

On trouve, il est vrai, quoique très-rarement, des cailloux perforés et qui conservent encore quelque trace de fortes éraillures produites par le glacier ; mais les perforations sont dans ce cas tellement oblitérées, qu'il n'en faut pas davantage pour nous convaincre que ces cailloux perforés ont fait *d'abord partie d'un dépôt marin pliocène, avant d'être entraînés, corrodés et rayés par la glace.* Mais le plus grand nombre de ces cailloux ne porte pas d'indice de rayures glaciaires ; et cependant ils sont tous arrondis et usés, même sur les bords des trous pratiqués par les mollusques. L'action des eaux est on ne peut plus manifeste ; mais rien ne prouve non plus que ces eaux aient été des eaux salées.

Reste la question du climat. Ici tous les observateurs sont tombés d'accord pour reconnaître que les coquilles de Cassina Rizzardi attestent un climat méditerranéen, aussi doux, et même un peu plus chaud que celui de nos jours. En effet parmi 150 espèces de mollusques énumérées dans mes deux catalogues, 61 vivent encore dans la Méditerranée, 4 ne se rencontrent plus aujourd'hui qu'entre les tropiques, tandis qu'un plus grand nombre, 85 espèces, sont éteintes. A ces espèces il faut ajouter encore le *Cardium* (Levicardium) *pectinatum* L., récemment observé par M. V. Turati à Cassina Rizzardi, espèce du tertiaire de Castellarquato, qui vit encore dans la mer des Grandes Indes.

Parmi les espèces éteintes, les formes tropicales sont encore plus nombreuses ; il me suffira de rappeler ici, entre autres, *Strombus coronatus, Ficula geometra, Cassis variabilis, Mitra scrobiculata,* les grandes espèces de *Turritella* et de *Pleurotoma, Nerita Bronni, Plicatula mytilina,* ainsi que la singulière *Jouannetia semicaudata*

découverte par Desmoulins dans les *faluns* de Mérignac près Bordeaux, et que nous retrouvons nichée dans les cailloux roulés de Cassina Rizzardi, tandis qu'on peut la voir *en place,* sans sortir de Lombardie, au torrent du Tornago (aux environs de Bergamo) où ce bivalve marque avec les *lithodomus,* le niveau de la mer pliocène. Aujourd'hui les *Jouannetia* ne vivent qu'entre les tropiques; celle qui se rapproche le plus de la *semicaudata,* est la *J. Cumingii* Sowerby, qui vit aux Philippines.

Tous ces rapprochements m'autorisent à partager, dans la question du climat, l'opinion de M. Karl Mayer, le savant paléontologiste de Zurich, qui soutient que les coquilles du dépôt en contestation, indiquent une température comparable, pour le moins, à celle de la mer Rouge.

M. Desor, au contraire, continue de croire que la faune de Cassina Rizzardi est une faune glaciaire, sinon glaciale. Cependant il est tellement persuadé de l'existence d'un climat froid ou pour le moins égal à celui de nos jours, pendant la grande extension des glaciers, qu'il se trouve entraîné à admettre, d'une part, que l'influence de la mer pouvait, jusqu'à un certain point, neutraliser les effets de la glace qui dégelait et permettre de vivre aux mollusques tropicaux. Tandis que de l'autre, cette influence aurait agi avec moins d'intensité sur l'air et sur le sol refroidis, lesquels, dès lors, ne pouvaient plus tolérer que des végétaux identiques ou analogues à ceux qui habitent maintenant nos montagnes. Car il suppose ces plantes *contemporaines* des mollusques de Cassina Rizzardi; une faune marine tropicale, en dépit de la fonte des glaces et une flore tempérée sur le rivage avoisinant.

L'illustre naturaliste se trouve ainsi porté à croire que

les coquilles marines ne peuvent pas être d'aussi bons témoins du climat que les plantes terrestres. Voici, en effet, comment il s'exprime dans son récent mémoire « *Controverse glaciaire* : »

« Il est certain que les coquilles peuvent fournir des « indices sur le climat de l'époque à laquelle elles ont « vécu. Mais on conviendra qu'elles ne sont ni les seules « ni les plus authentiques témoins qu'on puisse invoquer « Les végétaux sous ce rapport ont une importance su- « périeure » (p. 265 des *Archives*, t. LVII).

Moi, je l'avoue, d'après ce que j'ai appris en fait de géographie zoologique et botanique, j'ai toujours cru qu'un animal avait la même valeur qu'une plante pour caractériser le climat, et que si l'on veut bien avoir égard aux mœurs particulières de chaque espèce, on peut se servir indifféremment des animaux et des plantes pour donner une idée à peu près exacte du climat de l'époque à laquelle ils appartiennent.

Sans partager donc entièrement l'avis de M. Desor, j'admets implicitement avec lui que les plantes ont une grande importance au point de vue climatologique. Car ce n'est pas seulement la température, mais encore c'est l'humidité plus ou moins grande de l'air et du sol, de même que la nature physique ou chimique de celui-ci, qui jouent un rôle très-essentiel dans la distribution des espèces végétales. J'admets, par conséquent, que lorsqu'on a des restes végétaux bien déterminés, soit au point de vue de l'espèce, soit en ce qui concerne la localité, on peut, à l'aide de ces restes, se faire une idée assez claire du climat et des principales conditions de la vie à l'époque de la formation des couches qui les renfermaient.

C'est ce que M. Desor a essayé de faire avec quelques

fossiles végétaux des *marnes pliocènes marines* de Pontegana, qu'il persiste, à tort selon moi, à identifier avec les terrains glaciaires. A la page 265 des *Archives*, le savant professeur de Neuchâtel s'exprime ainsi :

« Voici quelques-unes des espèces végétales qui ont
« été trouvées à Pontegana avec les coquilles qui, selon
« M. Mayer, sont censées indiquer un climat comparable
« à celui de la mer Rouge. Ce sont entre autres :

« Le châtaignier.

« Un saule voisin des *Salix denticulata* et *riparia.*

« Un érable.

« Le hêtre (*fagus sylvatica*). »

On m'excusera, peut-être, si je remarque, avant toute autre chose, que la faune malacologique comparée par M. Mayer à celle de la mer Rouge n'est pas celle de Pontegana, mais bien celle de Cassina Rizzardi (ou de Fino, ce qui est la même chose). M. Desor lui-même s'en est rendu compte, puisqu'il dit à la page 264 :
« M. Mayer, n'en conclut pas moins que les coquilles
« *de la moraine de Fino* indiquent avec certitude une
« température des eaux non pas égale à celle des mers
« de l'Europe, mais pour le moins comparable à celle
« de la mer Rouge. »

Au point de vue climatologique la différence ne serait peut-être pas très-sensible. Mais je crois qu'il est toujours prudent de ne pas confondre ensemble deux gisements si différents à tant d'égards, dans l'un desquels les fossiles sont *en place* et d'une conservation parfaite, tandis que dans l'autre les traces d'usure plus ou moins profondes, révèlent à n'en pas douter que les coquilles et les autres fossiles d'origine marine ont été roulés, ce qui

prouve évidemment que le gisement est dû au *remaniement* de dépôts préexistants.

Mais je laisse là les terrains et les coquilles, d'autant plus volontiers que je me trouve là-dessus presque entièrement d'accord avec la majorité des savants qui se sont occupés de cette attrayante question, et je passe à l'examen des restes végétaux recueillis à Pontegana, dans la marne argileuse *marine*, en commençant par les espèces citées par M. Desor. Le sujet mérite bien, je crois, une étude attentive de notre part.

M. Desor nous cite un *Érable*, sans ajouter aucune indication spécifique. Cette indication aurait été cependant tout à fait indispensable, car le genre *Acer* est très-nombreux et renferme dans son sein des espèces très-variées, dispersées dans tous les pays de notre hémisphère et ayant des représentants à toutes les époques géologiques depuis le miocène inférieur jusqu'aux formations actuelles. Il faudra donc attendre une détermination spécifique, avant de pouvoir juger si l'*Acer* de Pontegana est une espèce éteinte ou vivante, s'il est l'indice d'un climat chaud ou froid.

Quant au *châtaignier* je pourrais répéter la même observation, puisque M. Desor ne nous donne pas de nom spécifique dans la *Controverse glaciaire*. Mais M. Desor lui-même avait été plus explicite à l'égard de ce fossile, dans son travail précédent, *le Paysage morainique*. A la page 93 de cette brochure l'illustre auteur nous dit que le châtaignier de Pontegana a été reconnu par M. Heer pour le *Castanea Kubinyi*, espèce miocène et pliocène des plus caractérisées. En effet, malgré ses rapports avec le châtaignier commun (*Castanea vulgaris*) de notre pays, le châtaignier de Kubiny est exclusivement une espèce

tertiaire : on l'a retrouvée d'abord à Erdöbenye en Hongrie puis dans les gypses de Sinigaglia, à Sarzanello dans la mollasse, près de Turin dans une argile plastique que M. Eugène Sismonda a cru devoir attribuer au miocène moyen. En Toscane, le Dr Peruzzi et moi nous l'avons reconnue parmi les phyllithes du Casino, près Sienne, dont la flore appartient au pliocène inférieur. Partout ce châtaignier est associé aux représentants les plus caractéristiques de la flore tertiaire à *facies tropical*, canelliers, figuiers à type indien, etc. Les paléontologistes placent même cette espèce parmi celles qui caractérisent la formation *sarmatienne* des géologues autrichiens.

Le Saule que M. Desor cite après, est précisément le *Salix denticulata* Heer. La déterminaison a été faite par M. Heer et par moi-même sur des échantillons dus à la libéralité de M. Mari. Le morceau que j'ai sous les yeux faisait même partie de la même plaque de mollasse qui portait les empreintes examinées par MM. Desor et Heer. On y voit près d'une vingtaine de feuilles de ce Saule, dont quelques-unes très-bien conservées, et qui ne laissent aucun doute sur leurs caractères spécifiques. C'est M. Heer qui a décrit le premier ce saule sur des échantillons de Hohe Rhonen et de Oeningen, c'est-à-dire appartenant aux étages *Aquitanien* et *Oeningien*, d'après Mayer.

Outre ces deux espèces tertiaires signalées par M. Desor, j'ai été à même d'en étudier d'autres provenant également des marnes pliocènes de Pontegana, recueillies soit par M. Mari, soit par moi-même, auxquelles il faut ajouter quelques échantillons conservés dans les collections du Lycée cantonal de Lugano, dont je dois la com-

munication à la bienveillance du professeur Sylvius Calloni. Ce sont les suivantes :

Sequoja Langsdorfii Brong. Je possède les feuilles et les cônes de ce beau conifère qu'on trouve fossile dans presque tous nos gisements tertiaires. En Italie nous l'avons à Bagnasque, Stella, Santa Giustina, Cadibona, Sarzanello; au Val d'Arno dans les argiles brûlées et dans le Sansino; en Lombardie je l'ai reconnu à la Folla d'Induno, près Varèse.

Quercus valdensis Heer. L'espèce a été trouvée, d'après Heer, au Monod en Suisse (lac Léman) dans l'*Aquitanien* et à Peissenberg dans le miocène inférieur d'Allemagne.

Platanus deperdita Massal. sp. (*Pl. aceroïdes* Gœppert et Auctorum). Je crois devoir restituer à notre Platane tertiaire son adjectif *deperdita* qui lui revient par droit de priorité. Le regretté botaniste véronais Abraham Massalongo avait, en effet, déjà publié en 1853 sous le nom de *Acerites deperditum* et de *Acerites? incerta* des descriptions et des figures de l'espèce nommée, deux ans plus tard, en 1855, *Platanus aceroïdes* par Gœppert. Le travail de Massalongo, quoique inséré dans un Recueil assez répandu, les « Nuovi Annali delle Scienze naturali di Bologna,» a cependant échappé à la plupart des paléontologistes. M. Heer cite bien l'*Acerites deperditum* de Massalongo dans la *Flora tertiaria,* mais il en fait un synonyme de l'*Acer trilobatum.* Il suffit cependant de comparer entre elles la figure de Massalongo et les nombreuses figures données dans la *Flora tertiaria,* soit de l'*Acer trilobatum,* soit du *Platanus aceroides* pour se persuader aisément de la faute échappée à la plume d'un homme éminent auquel la Paléontologie végétale doit

une grande partie de ses plus belles conquêtes. Ce Platane est extrêmement répandu dans tous nos gisements tertiaires. Nous l'avons à Valduggia, aux abords du Val Sesia; à la Folla d'Induno, au torrent du Tornago; dans les gypses de Montescano près Stradella; à Sarzanello, Guarene, Montajone, à Monte Bamboli, dans le Val d'Arno, au Casino près de Sienne, à Sinigaglia; au delà des Alpes on le retrouve à Schossnitz en Silésie, à Oeningen, et dans une foule d'autre localités.

Juglans acuminata Braun. C'est de même une des espèces les plus caractéristiques des étages du miocène et du pliocène le plus incontestable. Cette espèce se rapproche du noyer commun, *Juglans regia*, de la Perse. Nous avons ce fossile au Tornago, à Nese, à la Folla d'Induno; dans la colline de Superga, près Turin; à Sinigaglia, à Montajone, au Casino près Sienne; dans le Val d'Arno dans les argiles brûlées. Enfin il abonde dans plusieurs localités de la Suisse, de l'Allemagne, etc.

Cassia hyperborea Unger. D'après M. Heer, on a rencontré cette espèce à Monod-Rivaz dans des couches attribuées à l'étage *Aquitanien*; à Delsberg dans le *Mayencien*; à l'Albis et Oeningen, dans l'*Oeningien*. En Italie cette Casse a été constatée à Novale, à Superga. dans le Val d'Arno, dans des dépôts compris entre le miocène inférieur et le pliocène. La même chose s'observe en Allemagne où on la retrouve dans plusieurs localités, dont les plus connues sont Hæring, Sotzka, Radoboj, Bilin, Parschlug, Tokay, Bischoffsheim. L'espèce vivante la plus voisine est la *Cassia lævigata*, de l'Amérique tropicale.

Leguminosites ellipticus Heer. On l'a trouvé à Oeningen

dans le Kesselstein, c'est-à-dire dans l'étage *Oeningien* des géologues suisses.

Comme on vient de le voir, les espèces recueillies jusqu'à présent dans la marne *pliocène marine* de Pontegana, loin d'indiquer un climat froid, voire même tempéré, dénotent au contraire l'existence d'un climat assez chaud pour permettre de le comparer à celui que nous avons maintenant près des tropiques. Les phyllithes de Pontegana, en effet, sont très loin d'avoir la moindre relation avec une flore quelconque de la période glaciaire, même en prenant cette expression dans sa signification la plus étendue. La florule de Pontegana n'est à présent qu'une partie bien minime de cette flore tertiaire très-riche en espèces et vraiment splendide, qui nous a été décrite par Brongniart, Unger, Ettingshausen, Gœppert, Heer, Saporta, Gaudin et bien d'autres savants. Les recherches futures augmenteront, sans doute, nos connaissances sur les plantes de cette localité pliocène. Mais, en attendant, nous avons déjà, à l'heure qu'il est, des éléments suffisants pour la rattacher à nos autres localités tertiaires de la Lombardie, la Folla d'Induno, le Tornago, Nese, sur lesquelles j'ai déjà publié une petite notice [1], et dont je me propose de donner dans la suite une description plus complète.

Nos terres tertiaires n'étaient donc pas arides et dépourvues de végétation, comme veut nous le faire croire M. l'abbé Mercalli[2]; au contraire, nous avions alors une des flores les plus luxuriantes et les plus variées qu'on puisse

[1] *Sordelli*. Descrizione di alcuni avanzi vegetali delle argille plioceniche lombarde, coll'aggiunta di un Elenco delle piante fossili finora conosciute in Lombardia. 1873.

[2] *Mercalli*. La Lombardia nell'epoca glaciale, etc. (La Scuola cattolica, VIII, p. 573.

imaginer; une flore qui ne trouve son pendant dans le monde actuel que dans les forêts vierges de l'Inde, de l'Archipel asiatique et de l'Amérique tropicale.

D'après ces résultats, dont l'exactitude se confirme chaque jour, je me flatte qu'on voudra bien me pardonner si j'ose exprimer une opinion différente de celle de M. Desor, au sujet de notre climat pliocène. Pour moi les plantes de Pontegana, ainsi que les coquilles du même gisement, témoignent d'un climat chaud et tout à fait tropical. Quoique devant être séparé géologiquement à cause des motifs que j'ai exposés, le gisement de Cassina Rizzardi et de Caccivio, que je considère comme alluvionnaire, se rattache cependant à nos dépôts tertiaires par ses fossiles remaniés. Mais si nous comparons le climat accusé par ceux-ci, nous verrons encore qu'il ne diffère aucunement du climat chaud qui, seul, pouvait convenir aux plantes à *facies* tropical constatées à Pontegana.

M. le prof. Desor cite encore à Pontegana le Hêtre (*fagus sylvatica*). Mais je suis en mesure de prouver que ce fossile ne vient pas des marnes *pliocènes marines* de Pontegana, mais au contraire d'un gisement *lacustre quaternaire* qu'on peut voir à Calprino, près de Lugano. M. L. Mari de qui M. Desor tient ses fossiles du Luganais, a eu l'extrême obligeance de me donner là-dessus tous les renseignements que je pouvais désirer. Il m'a plusieurs fois, avec sa générosité habituelle, envoyé des échantillons de végétaux fossiles, soit des marnes de Pontegana, soit du dépôt lacustre de Calprino, en y ajoutant sur ma demande des données très-précieuses sur les localités, sur le niveau de chaque trouvaille, etc. J'ai eu encore soin de vérifier le tout par moi-même, lors de mes

excursions dans le Tessin, et je puis, par conséquent, certifier que le Hêtre, très-abondant à Calprino, manque tout à fait au pliocène de Pontegana.

A *Calprino*, d'après mes propres observations, contrôlées par celles du prof. Calloni, nous avons une argile très-sableuse, appuyée directement sur la moraine qui s'adosse au Mont San Salvatore et qui se continue en bas jusqu'aux maisons de Lugano. Ce gisement lacustre a fourni des fossiles sur trois points: près des maisons mêmes de Calprino; un peu plus haut sous la maison de campagne dite Morchino; ainsi que dans la tranchée ouverte lors de la construction du chemin de fer de Chiasso à Lugano.

A l'heure qu'il est, j'ai déjà examiné de nombreux restes provenant de ce gisement. Dans sa partie supérieure il contient beaucoup de valves d'*Anodonta*, que je ne sais pas distinguer de l'*Anodonta anatina*, et qui doivent avoir été enfoncées sur place, car la plupart sont encore réunies deux à deux par leur ligament. On y voit encore un grand nombre d'opercules de *Bythinia*, des *Planorbis*, des *Sphærium corneum* (= *cyclas cornea*). Cette même boue sableuse a de plus fourni fréquemment des troncs et des branches d'arbres, des feuilles et des fruits de Gymnospermes et de Dicotylédones, et se montre au microscope très-riche en têts de Diatomées. Ce sont justement ces Diatomées, parmi lesquelles il est très-facile de reconnaître beaucoup d'espèces qui foisonnent encore dans nos étangs actuels, qui peuvent fournir un moyen très-simple pour vérifier l'origine lacustre du dépôt, même en l'absence de coquilles. De la sorte, on pourra contrôler aussi mon assertion relative au Hêtre que M. Desor a cru devoir attribuer au pliocène de Ponte-

gana, et vérifier que les échantillons qui s'y rapportent contiennent des Diatomées *d'eau douce,* et ne peuvent pas avoir été recueillis dans un sédiment marin.

La flore quaternaire de Calprino n'a pas encore été étudiée complétement. Je puis cependant indiquer ici d'après les résultats de mes propres recherches :

Le Hêtre commun (*Fagus sylvatica* L.) représenté par un grand nombre de feuilles, par quelques cupules épineuses et par des écailles de bourgeons très-caractéristiques à cause de leur forme allongée. Les feuilles et les cupules ne diffèrent en rien des parties correspondantes du Hêtre vivant aujourd'hui dans nos montagnes élevées.

Le Charme (*Carpinus betulus* L.). Une feuille de ce Cupulifère est dans la collection du Lycée de Lugano.

Le Buis (*Buxus sempervirens* L.). Les quelques feuilles que j'ai pu étudier rentrent par leur forme dans le type de notre Buis indigène, et permettent de distinguer l'espèce de Calprino des espèces voisines, par exemple des *Buxus balearica, pliocenica,* etc.

Une feuille d'Érable ayant les mêmes caractères que celles de notre Érable de montagne (*Acer pseudoplatanus* L.).

Des feuilles et des strobiles de Sapin. L'espèce est la même que celle que j'ai observée à Leffe et que je crois être une simple variété du Sapin rouge vivant sur les Alpes (*Abies excelsa* D. C.). On ne peut pas toutefois confondre les deux formes, actuelle et quaternaire, à cause de la différence de longueur de la bractée qui est à la base de chaque écaille.

Comme on vient de le voir, la Flore de Calprino est toute autre chose qu'une Flore tertiaire. Elle est, au

contraire, presque identique à celle qui vit dans nos Alpes, car pour trouver aujourd'hui la même association d'espèces il faut pénétrer bien avant dans l'intérieur de nos vallées et nous élever à un niveau où la température est déjà bien moindre que celle de la plaine lombarde.

Les gisements à feuilles fossiles du Tessin méridional qui ont quelque rapport avec la question glaciaire, appartiennent donc :

Le premier, celui de *Pontegana,* à une époque décidément tertiaire, avec des plantes propres aux climats chauds et à *faciès* tropical, accompagnée d'une faune marine ayant les mêmes caractères, qui excluent toute idée d'un refroidissement de la contrée.

Le deuxième, celui de *Calprino,* avec une flore identique ou presque identique à celle vivant de nos jours dans le centre de l'Europe, porte toutes les marques d'un changement radical survenu dans les conditions climatologiques du pays depuis l'époque tertiaire. La flore est tout à fait changée et dénote une température non pas plus élevée, mais évidemment plus froide que celle dominant aujourd'hui dans la contrée, à tel point qu'il ne suffit pas de s'arrêter à 170-180 mètres au-dessus du niveau de la mer, ce qui est la hauteur de Calprino, mais qu'il faut s'élever à 500-1000 mètres dans l'intérieur des vallées pour être à même d'observer un ensemble de formes semblable à celui qu'on vient de découvrir près de Lugano. Nul doute, et l'observation le prouve, que ce changement profond du climat n'ait été la cause de l'avancement extraordinaire des glaciers pendant une époque qui intéresse, à tant d'égards, la géologie de mon pays.

SUR QUELQUES RECHERCHES

FAITES DANS LE

LABORATOIRE DE PHYSIOLOGIE

DE GENÈVE

Communiqué par M. le professeur SCHIFF.

Sur les relations qui existent entre l'intensité de l'irritation portée sur le nerf sciatique, la hauteur de la contraction musculaire et le temps qui s'écoule entre l'irritation et la contraction.

Par M. le Dr LAUTENBACH

Après que Helmholtz eût décrit les méthodes pour mesurer ce qu'il appelle la vitesse de la transmission de l'irritation nerveuse et le temps qui s'écoule entre le moment de l'irritation et le commencement de la contraction musculaire, on avait admis que la vitesse de la transmission et le temps *latent* de l'irritation représentaient à peu près des valeurs fixes, si le nerf et le muscle se trouvent dans les conditions normales.

Plus tard, *Valentin* (1864) a insisté sur le fait que ces valeurs peuvent varier considérablement, selon que l'irritation se fait avec des courants de différentes intensités. Dans le *Journal de Physiologie de Moleschott,* X, p. 538 (1868) *Valentin* donne plusieurs séries d'observations sur des grenouilles et des marmottes qui indiquent que les différentes intensités des courants de la pile et des courants

d'induction ont une grande influence sur ces deux valeurs, mais que le temps de l'irritation *latente* varie beaucoup moins avec l'intensité de l'irritation, que ce qu'on regarde comme l'expression de la vitesse de la transmission nerveuse.

Helmholtz et *Baxt*, dans une nouvelle série d'expériences sur l'irritation des nerfs de l'homme vivant (*Berichte der Akad. in Berlin*, 1867, p. 228), sont arrivés à la conclusion que probablement la rapidité de la transmission de l'irritation est plus petite dans les irritations faibles et croît avec la force de l'irritation.

W. Wundt (*Mechanik der Nerven*, I, 1871, page 192) dit que la vitesse de la propagation de l'rritation nerveuse est en rapport avec la force de l'excitation et la hauteur de la contraction.

Enfin, *Rosenthal* nie encore dans sa dernière publication toute relation entre la force de l'irritation et la vitesse de la propagation.

Dans les recherches dont nous donnerons ici les résultats, nous nous sommes servis de grenouilles préparées dont la moelle épinière a été détruite et dont les nerfs (en automne) entraient assez rapidement dans les modifications cadavériques, même si la circulation était conservée. Nous ne voulons donc pas appliquer nos résultats directement à l'organisme vivant.

Le but de nos recherches a été d'examiner si le nerf, tant qu'il possède la propriété d'exciter le muscle, montre ou non invariablement un rapport entre la force de l'irritation, la hauteur de la contraction et le temps latent de l'irritation, pour juger la question de savoir si un rapport, tel que celui que Wundt a formulé, doit ou non entrer

nécessairement dans une théorie générale de l'action nerveuse. Ou, en d'autres termes, si une théorie de l'action nerveuse motrice, qui ne *demande* pas un tel rapport, mais qui le *permet* dans certaines conditions encore mal définies, doit ou non être rejetée comme inadmissible.

L'irritation a été produite par la secousse d'induction à l'ouverture du circuit. Comme M. Schiff n'avait pas encore eu le temps de graduer les appareils d'induction du laboratoire, on n'a pas mesuré la vraie intensité de l'irritation, mais on s'est contenté de mesurer la distance entre la bobine inductrice et la bobine induite. L'induction est produite par un élément de Meidinger assez constant, mais très faible. Le courant primitif suffit à peine pour faire vibrer le marteau-ressort de l'inducteur lorsque ce marteau est libre. On donnera dans les figures et dans les tableaux les distances des bobines en centimètres, comme indice de la force de l'irritation. On avait *ôté* de la machine d'induction l'appareil de Helmholtz qui aurait diminué l'effet de l'ouverture.

Comme les transitions dans la force de l'irritation étaient assez rapides, on a pris pour mesure de la contraction, non la *forme* de la courbe ascendante, mais seulement sa *hauteur*. Une telle substitution est permise pour le muscle normal.

En renonçant à connaître la forme du tracé ascendant du muscle, nous avons pu éviter une source d'erreurs qui trouble beaucoup la détermination du temps latent dans les myographes qui sont généralement en usage, et dans lesquels le mouvement assez lent du muscle ne permet pas de distinguer sur l'abscisse le premier commencement de la contraction qui s'élève dans un angle assez obtus. L'arrangement détaillé des instruments dont nous

nous sommes servis pour déterminer la contraction et le temps *latent* sera décrit dans les recherches du professeur Schiff sur la vitesse de la propagation de l'agent nerveux. Il suffit de noter ici que le muscle est fixé au levier de l'interrupteur proposé par E. Du Bois-Reymond pour fractionner la décharge de la torpille. Une plume attachée au levier, près de son bout et perpendiculairement à son axe longitudinal, écrit la hauteur (approximative) de la contraction sur un cylindre animé d'un mouvement très lent.

Le muscle, au premier commencement de sa contraction, rompt un fil très mince de mercure, et par conséquent peut ouvrir un courant. Cette ouverture met en mouvement un signal de la forme décrite par Marcel Deprez dans le *Journal de Physique d'Almeida,* un signal dont le retard d'ouverture est minime et contrôlé. Ce signal est disposé sur une autre table où il inscrit l'abscisse et le moment de la contraction du muscle au-dessus des vibrations d'une verge chronométrique qui est maintenue en vibration par un diapason interrupteur de 200 vibrations par seconde. D'ailleurs, cette verge peut être mise à l'unisson avec plusieurs diapasons qui donnent des vibrations encore plus rapides. On voit que, dans cet arrangement, la plaque métallique en mouvement, sur laquelle s'inscrit l'irritation, le temps et le commencement de l'action musculaire, ne doit pas être nécessairement animée d'un mouvement très-uniforme. Nous l'avons quelquefois tout simplement tirée avec la main sur une espèce de chemin de fer où sa marche est assurée. Mais même avec un mouvement trop rapide pour notre but, on a pu très-bien distinguer le moment de la rétraction de l'ancre du signal qui se marquait sur

l'abcisse par un angle d'élévation suffisamment aigu.

Le muscle a été chargé seulement par le poids du levier interrupteur, mais après sa fixation il a été surchargé de 15 à 20 grammes.

On n'a pas fait un grand nombre d'irritations sur la même préparation parce qu'on devait laisser au nerf le temps de se restituer après chaque irritation.

Les expériences faites pendant l'automne 1876 sont au nombre d'à peu près 70. On en donnera 44 dans les tableaux suivants.

Trois expériences avec irritation du nerf et trois autres avec irritation du muscle ont été représentées en figures (Voyez Pl. II).

Dans ces figures la ligne A et les chiffres à l'extrémité à droite sont la distance croissante de haut en bas des deux bobines.

La ligne B et les numéros à gauche sont la hauteur de la contraction en millimètres.

La ligne C et les chiffres romains à droite sont des centièmes de seconde divisés en huit parties pour la durée de l'irritation latente.

Numéros de l'irritation	Force de l'irritation	Hauteur de la contraction	Temps	OBSERVATIONS
	centim.	mm.		**Nerf sciatique.**
1	15	3.8	3	*Expérience 1.*
2	14	2.8	3 1/3	
3	13	3.5	4	
4	12	4.5	3 1/8	
5	11	10.5	3 1/6	
6	10	10.3	3 2/5	
7	9	3.5	3 5/12	
8	8	3.3	4 1/2	
9	7	3.4	3 1/2	
10	6	3.4	3 2/3	
11	9	3.3	3 5/6	
12	11	0.2	4 3/8	
13	12	2.4	4 1/4	
14	14	0	—	
15	10	2.8	7 1/4	
1	11	3.1	3	*Expérience 2.*
2	9	3	3 1/8	
3	7	4	3 1/16	
4	5	1 1/3	3 1/2	
5	10	2.2	3 4/5	
6	7	2.4	3 2/3	
7	0	3.5	3 1/8	
1	14	5.9	2 1/2	*Epérience 3.*
2	11	4.3	2 5/8	
3	9	1.1	2 3/4	
4	6	10.5	2 9/10	
5	3	10.3	3 3/8	
6	0	8.2	2 1/8	
7	2	8.1	2 9/10	
8	6	8.3	2 7/8	
9	10	0	—	
10	8	10.1	3	
11	5	10.7	2 13/16	
12	2	5.9	2 9/10	
13	5	5.8	2 9/10	
14	0	5	2 7/8	
1	11	2.7	4 3/4	*Expérience 4.*
2	9	3	4 1/2	
3	7	6	4 5/8	
4	4	4.9	4 7/8	
5	0	4.8	5	
6	2	6	5 1/8	
7	5	5.7	5 3/16	
8	7	5	5 1/8	
9	9	4.9	5 1/4	
10	10	4.3	5 3/16	
11	12	1.2	5 3/14	

Numéros de l'irritation	Force de l'irritation	Hauteur de la contraction	Temps	OBSERVATIONS
	centim.	mm.		
12	9	4.8	6 $^1/_4$	
13	4	4.8	6 $^1/_8$	
14	2	4	6 $^2/_8$	
15	0	4.5	7	
1	14	5.1	5 $^1/_8$	*Expérience 5.*
2	13	4	5	
3	14	3.5	4 $^3/_4$	
4	13	4.1	4 $^1/_2$	
5	14	3.8	5 $^1/_8$	
6	13	4.5	4 $^1/_2$	
7	14	4.2	5	
8	13	0.3	4 $^1/_2$	
9	12	3.5	5 $^1/_8$	
10	13	3.5	4 $^2/_8$	
11	14	3.4	5	
12	13	3.5	4 $^2/_4$	
13	14	3.3	5 $^1/_4$	
14	12	3.1	5 $^1/_3$	
15	13	2.3	5	
16	12	3	5 $^1/_2$	
17	13	3	5 $^1/_3$	
18	12	3	5 $^1/_3$	
19	13	3.1	5	
20	14	2.7	5 $^1/_4$	
21	13	2.6	5 $^1/_3$	
1	15			*Expérience 6.*
2	15	4.4	3 $^1/_8$	
3	12 $^1/_2$	5.9	3 $^1/_{16}$	
4	15	3	3 $^3/_{16}$	
5	12 $^1/_2$	6	2 $^{15}/_{16}$	
6	15	3	2 $^7/_8$	
7	12 $^1/_2$	6.2	2 $^5/_8$	
8	15	3	2 $^6/_8$	
1	13 $^1/_2$	2.3	2 $^3/_8$	*Expérience 7.*
2	1	4.8	3 $^1/_8$	
3	13 $^1/_3$	4.4	2 $^1/_3$	
4	10 $^1/_2$	4.6	2 $^3/_{16}$	
5	9	3.8	3 $^1/_{16}$	
6	13 $^1/_2$	2.1	2 $^1/_2$	
7	9	4.8	2 $^1/_8$	
8	13 $^1/_2$	3.4	2 $^7/_8$	
9	10 $^1/_2$	4.4	2 $^1/_4$	
10	9	4.6	2 $^1/_4$	
11	13 $^1/_2$	2.4	2 $^1/_4$	
1	14	6	2 $^1/_{16}$	*Expérience 8.*
2	13	4.2	3 $^1/_4$	

Numéros de l'irritation	Force de l'irritation	Hauteur de la contraction	Temps	OBSERVATIONS
	centim.	mm.		
3	14	3.6	3 1/16	
4	13	4.4	3 1/8	
5	12 1/2	5.6	4	
6	12	4.5	2 1/16	
7	11 1/2	6.7	2 1/4	
8	11	7	2 3/8	
9	10	7.3	2 7/16	
10	9 1/2	7	2 3/8	
11	9	7.3	2 3/8	
12	8 1/2	9.5	2 3/8	
13	7 1/2	8	3 1/3	
14	7 1/2	9	2 1/3	
1	13	3.9	2 1/8	*Expérience 9.*
2	12 1/2	4.5	2 3/8	
3	12	6.8	2 5/8	
4	11	7.2	2 9/16	
5	10 1/2	7.2	2 9/16	
6	10	7.2	2 1/2	
7	9 1/2	7.1	2 9/16	
8	10	7	2 1/2	
9	10 1/2	6.5	2 1/2	
10	10 1/2	7	2 1/2	
11	11	6.5	2 9/16	
12	11 1/2	5.4	2 2/3	
13	12	4	2 2/3	
14	12 1/2	4	2 2/3	
15	11 1/2	5.6	2 1/2	
16	10 1/2	5.6	2 1/2	
17	9 1/3	5.6	2 1/2	
18	8 1/2	5.8	2 1/2	
19	7 1/2	5.8	2 1/2	
1	10 1/2	2.7	2 1/3	*Expérience 10.*
2	10	2.5	2 3/4	
3	10 1/2	2.4	2 5/8	
4	10	2.6	2 7/8	
5	10 1/2	2.5	2 15/16	
6	11	2.8	2 1/2	
7	9	2.6	2 1/8	
8	8	2	2 1/2	
9	8	2.4	2 1/16	
10	7	2.5	2 1/2	
11	10	2.6	3	
1	11	8.1	2 3/4	*Expérience 11.*
2	10 1/2	7.9	2 3/8	
3	10	7	2 1/2	
4	10 1/2	6.7	3	
5	10	6.4	3 1/8	

Numéros de l'irritation	Force de l'irritation	Hauteur de la contraction	Temps	OBSERVATIONS
	centim.	mm.		
6	9 1/2	7	2 1/4	
7	9	6.8	2 7/16	
8	9 1/2	7	2 2/8	
9	10	6.5	2 5/8	
10	10 1/2	0.6	6 1/8	
11	10	5.9	1	
12	10	6	2 5/8	
13	10	3	2 1/2	
14	9 1/2	4.3	3 3/4	
15	9	4.3	4 1/2	
16	10	4.1	4	
17	9 1/2	4	4 1/3	
18	8 1/2	4.2	3 1/2	
1	10 1/2	3.5	2 1/4	*Expérience 12.*
2	10	3.7	2 1/2	
3	10 1/2	3.6	2 1/[illegible]	
4	10	3	2	
5	10 1/2	3.4	2 1/16	
6	10	3.6	2 3/8	
7	10 1/2	3.5	1 1/3	
8	11	3.6	2 5/8	
9	11 1/2	3	2 2/4	
10	11 1/2	2	3	
11	11	3.6	2 1/8	
12	10 1/2	3.6	2 1/8	
13	10 1/2	3.5	3	
14	11	3.6	3 1/2	
15	8	3.6	3 3/8	
16	6	3.6	3 3/8	
17	4	3.5	4 1/2	
18	8	3.6	5	
1	11	2.7	2 3/8	*Expérience 13.*
2	11 1/2	1.5	3 3/16	
3	11	3	2 3/8	
4	10 1/2	3.3	2 1/2	
5	11	3.3	2 7/16	
6	11 1/2	3.1	2 3/16	
7	12	0.4	4 1/2	
8	11 1/2	2.8	2 1/4	
9	11	2.9	2 3/8	
10	11 1/2	2.9	2 3/8	
11	11	2.8	2 1/2	
12	10 1/2	2.8	2 1/4	
13	10	2.8	2 1/4	
14	9 1/2	2.6	2 3/8	
15	10	2.8	2 1/2	
16	10 1/2	2.7	2 3/4	
17	12	2.8	2 3/8	

Numéros de l'irritation	Force de l'irritation	Hauteur de la contraction	Temps	OBSERVATIONS
	centim.	mm,		
18	13	2.6	2 1/2	
19	0	2.2	2 1/2	
20	1	2.2	2 1/2	
21	3	2.2	2 3/8	
22	5	2.2	2 1/2	
23	6	2.1	2 5/8	
24	8	2.1	2 3/4	
25	9	2.1	3 1/8	
26	10	2.1	3	
27	10 1/2	2.1	2 7 8	
28	10 1/2	2.1	2 15/16	
29	10 1/2	2.1	3	
30	11	2	3	
31	10	2.1	2 1/2	
32	9 1/2	2.4	2 1/4	
33	9	2.1	2 3/8	
1	11	3.5	3	*Expérience 14.*
2	10 1/2	5.6	3 3/16	
3	11	3	4	
4	10 1/2	3.5	3 7/8	
5	10	3.6	3 3/4	
6	9 1/2	3.6	3 3/4	
7	10	3.5	3 15/76	
8	10 1/2	3.4	4	
9	10 1/2	3.3	4 2 3	
10	10	3.6	3 3/4	
11	9 1/2	3.6	3 3/4	
1	10	3	2 7/16	*Expérience 15.*
2	9 1/2	2.8	2 1/2	
3	9	2.7	3	
4	8 1/2	2.5	2 1/2	
5	8	2.1	3 1/8	
6	8 1/2	1.8	3 5/8	
7	7 1/2	1.5	3 1/3	
8	8	1.5	3 1/2	
9	8	1.5	3 1/2	
10	7	1.5	4	
11	7 1 2	1.5	3 7/8	
1	10	4.1	2 1/2	*Expérience 16.*
2	10	4	2 5/8	
3	9 1/2	4.3	2 1/3	
4	9	3.8	2 7/8	
5	8 1/2	3.7	2 7/8	
6	8	3.5	2 15/16	
7	7 1/2	3.5	2 15/16	
8	6 1/2	3.5	2 7/8	
9	7 1/2	3.5	2 3/4	

Numéros de l'irritation	Force de l'irritation	Hauteur de la contraction	Temps	OBSERVATIONS
	centim.	mm.		
10	8 1/2	3.2	3 1/16	
11	9 1/2	3	3 1/8	
12	10 1/2	2.8	3 1/3	
13	11 1/2	2.5	3 7/8	
14	10 1/2	3.2	3 1/4	
1	9 1/2	2	2 15/16	*Expérience 17.*
2	7 7/2	11	2 1/3	
3	7 3/4	12	1 14/16	
4	6 1/2	12.5	1 3/4	
5	6 1/2	4.3	1 5/8	
1	7	11	2	*Expérience 18.*
2	7	12	1 11/16	
3	7	12.2	1 7/16	
4	7 1/2	11.6	1 3/4	
5	8 1/2	9.6	1 3/4	
1	8 1/2	12	1 3/4	*Expérience 19.*
2	9 1/2	12.5	1 1/2	
3	10 1/2	10	1 11/16	
4	10	12.5	1 1/2	
5	9	16.1	1 3/16	
6	8	13.2	1 1/8	
7	6	12.5	1 1/2	
8	5	12.5	1 1/2	
9	0	13	1 3/8	
1	4	10.2	2 3/8	*Expérience 20.*
2	3	9.8	2 1/8	
3	2	9	2	
4	1	9.2	1 7/8	
5	8	9.2	1 7/8	
6	10	9	2	
7	11	8.5	1 1/2	
8	12	1	2 3/4	
9	7	8	2 1/2	
1	10	2.6	2 3/4	*Expérience 21.*
2	7	3	2 1/16	
3	5	3	1 3/4	
4	4	2	2 5/8	
5	8	2.2	2 1/4	
6	6	2	2 7/8	
7	9	1.9	3 1/4	
8	7	2.2	2 1/4	
9	8	2	2 1/2	
10	6	1.6	2 5/8	
11	0	9.9	1 5/8	

Numéros de l'rritation	Force de l'irritation	Hauteur de la contraction	Temps	OBSERVATIONS
	centim.	mm.		
1	0	1.5	2	*Expérience 22.*
2	1	1.3	2 1/2	
3	2	1.3	2	
4	3	1.2	1 3/4	
5	4	1.4	1 7/8	
6	6	1	1 7/8	
7	0	3/4	2 3/4	
1	3	11	1 1/2	*Experience 23.*
2	6	6	1 1/3	
3	6	6.1	1 1/2	
4	6	5.1	1 1/8	
5	7	5.1	1 3/4	
1	0	9.1	1 1/3	*Expérience 24.*
2	1	9.1	1 5/8	
3	2	9.1	1 11/16	
4	3	9.1	1 11/16	
5	4	9.1	2	
6	5	9.1	2 1/16	
7	6	9	2	
8	7	9.1	2 1/8	
9	8	9.1	1 15/16	
10	9	9.1	1 3/4	
11	10	9.1	1 5/8	
12	11	9.1	2 1/16	
1	8	3.6	1 7/16	*Expérience 25.*
2	5	6.6	1 1/2	
3	4	6.6	1 1/2	
4	3	6.8	1 1/4	
5	10	6.4	1 1/4	
6	12	5	1 5/16	
7	13	2	2 1/2	
1	3	11.9	1 1/2	*Ecpérience 26.*
2	5	10.1	1 5/8	
3	7	10.1	1 5/8	
4	6	12	1 1/3	
5	0	11.9	2 5/8	
1	7	6.8	1 7/16	*Expérience 27.*
2	8	6	1 15/16	
3	9	6.3	1 7/8	
4	10	6	1 11/16	
5	11	5.9	1 11/16	
6	13	0	0	
7	5	6.5	3/4	

Numéros de l'irritation	Force de l'irritation	Hauteur de la contraction	Temps	OBSERVATIONS
	centim.	mm.		
1	0	4.8	1 3/4	*Expérience 28.*
2	2	4.1	1 5/8	
3	4	4.1	1 1/4	
4	6	4.1	2	
5	8	4.1	3.4	
6	10	3.4	3.8	
7	11	3.7	2 5/8	
8	5	3.7	2 5/8	
1	3	6.5	2	*Expérience 29.*
2	2	7	2 15/16	
3	5	8.9	1 7/16	
4	6	8	1 1/2	
5	2	8.2	1 1/16	
6	2	8.9	1 1/3	
7	3	8	1 1/2	
1	8	4.8	2 1/4	*Expérience 30.*
2	6	4.7	2 3/8	
3	4	5	2 5/16	
4	2	5.4	2 5/16	
5	2	4.5	2 1/2	
6	1	4.5	3	
7	1	4.5	2 1/2	
1	5	6	2	*Expérience 31.*
2	0	5	2 1/4	
3	1	4	2	
4	2	5	1 3/4	
5	3	5.2	2 1/2	
6	4	4	2	
7	0	5.9	1 3/8	
1	11	7	1 7/8	**Muscle gastrocnémien.**
2	11 1/2	7.2	1 3/4	*Expérience 32.*
3	12	5.6	2 1/16	
4	12 1/2	2.1	2 5/8	
5	12	6.2	2 1/2	
6	11 1/2	3.5	2 1/16	
7	11	4.1	2	
8	10 1/2	3	2 1/4	
9	10	6	2 1/16	
10	9 1/2	5	2 1/4	
11	9	4.3	2	
12	9 1/2	5	1 7/8	
13	10	4.4	2 3/16	
14	10 1/2	3.8	2 3/16	
15	11	3.6	2 1/4	
16	11 1/2	1.6	3 1/8	
17	10 1/2	4.9	2 1/8	

Numéros de l'irritation	Force de l'irritation	Hauteur de la contraction	Temps	OBSERVATIONS
18	10	3.9	2 1/8	
19	10 1/2	2	3	
20	10	3.2	2 1/4	
21	10 1/2	3.8	2 3/8	
1	11	5.3	2 1/4	*Expérience 33.*
2	10 1/2	0.5	4	
3	9 1/2	4.7	2 3/8	
4	6	4.9	1 15/16	
5	6 1/2	2.1	2 3/8	
6	7	4.2	2	
7	7 1/2	4	2 1/4	
1	8	7.7	2 5/8	*Expérience 34.*
2	7 1/2	9.9	1 15/16	
3	6 1/2	10	1 7/8	
4	6	10.1	1 1/2	
5	5	8.4	1 5/16	
1	4	9.4	1 5/8	*Expérience 35.*
2	2	10.3	1 7/16	
3	1	11.9	1 1/4	
4	0	11.4	1	
5	2	11.6	1 3/8	
1	0	11.2	1	*Expérience 36.*
2	4	9.5	0 15/16	
3	3	9.8	0 7/8	
4	2	9	1 3/16	
5	8	9	1 1/3	
1	8	5.2	1 15/16	*Expérience 37.*
2	7	5.6	2 1/2	
3	5	6.8	2	
4	4	6.8	1 3/4	
5	3	6.8	1 1/2	
6	10	6.4	1 3/4	
7	12	6.6	2	
1	7	6.6	1 7/16	*Expérience 38.*
2	8	6.7	1 15/16	
2	9	6.9	1 3/4	
3	10	6	1 5/8	
5	11	5.9	1 11/16	
6	13	5.7	2	
7	5	5.8	2 5/8	
1	10	5.4	1 1/8	*Expérience 39.*
2	11	4	2 5/8	
3	13	1.3	2 7/16	
4	10	2.9	2 3/4	

Numéros de l'irritation	Force de l'irritation	Hauteur de la contraction	Temps	OBSERVATIONS
	centim.	mm.		
5	9	2.1	2	
6	8	2.3	2	
7	5	2.9	2 3/8	
8	3	4.5	2 1/4	
1	0	7	2 1/16	*Expérience 40.*
2	5	6.6	1 7/16	
3	3	8	1	
4	0	8.2	0 3/4	
5	0	8	1 11/16	
1	8	4.8	1 3/4	*Expérience 41.*
2	6	4.7	2	
3	4	5.4	1 15/16	
4	2 1/2	4.5	2 1/2	
5	1	4.5	2 1/2	
1	3	3.6	2	*Expérience 42.*
2	2	3.4	1 1/2	
3	2 1/2	3	2 3/4	
4	0	2	2	
5	0	2	2	
1	2	5	2 5/8	*Expérience 43.*
2	3	5	1 1/3	
3	0	5	2 1/2	
4	0	5	2 5/16	
5	1	5	2 1/8	
1	3	4.1	1 2/4	*Expérience 44.*
2	1	4	2 1/16	
3	0	4	1 11/16	
4	0	6	2 1/16	
5	0	6.8	1 3/4	

De cette série d'expériences nous devons conclure que la règle de Wundt et Helmholtz n'existe pas pour nos nerfs ; car, à peu d'exceptions près, l'augmentation de la hauteur de la contraction ne correspondait pas à une diminution du temps. Pour le muscle, comme on peut le voir en jetant un regard sur le tableau précédent, cette correspondance est plus fréquente ; mais jamais dans plusieurs

contractions consécutives la hauteur n'est inversément proportionnelle au temps.

Dans les expériences où la contraction maximale s'est montrée pendant plusieurs irritations successives, on peut voir que le temps croissait ou diminuait quand on faisait varier la force de l'irritation. Très-rarement le temps, est resté le même dans de telles circonstances.

[1] Si de ces expériences on voulait tirer une conclusion sur les nerfs dans l'animal vivant et normal, il me paraît qu'on devrait s'en tenir plutôt aux résultats fournis par les nerfs intramusculaires, parce que ces derniers, dans l'animal mort, conservent beaucoup plus longtemps leurs propriétés primitives. M. SCHIFF.

BULLETIN SCIENTIFIQUE.

CHIMIE.

V. MEYER ET C. PÉTRI. AETERPÈNE. *Berichte*, 10, p. 990. Zurich.

Meyer et Spitzer avaient obtenu un corps cristallin, auquel ils avaient donné le nom d'æterpène, par l'action du sodium sur un mélange de chlorure de camphre et d'iodure d'éthyle, et ils lui avaient donné la formule $C_{10}H_{15}—C_2H_5$.

En essayant de produire l'homologue supérieur par le iodure de propyle ils obtinrent le même corps, cette anomalie les conduisit à en prendre la densité de vapeurs et celle-ci montra qu'ils avaient affaire à un carbure $C_{10}H_{16}$ et non pas $C_{12}H_{20}$; c'est donc un isomère du terpène ordinaire. On sait que d'une manière analogue le brombenzol $C_6H_5B_2$, traité par le sodium donne du benzol. M. Spitzer, en même temps, vient de démontrer que l'iodure d'éthyle n'entre en rien dans cette réaction; il a traité le chlorure de camphre par le sodium et a obtenu le même corps à côté d'un liquide sirupeux à point d'ébullition élevé.

L. BRIEGER. PRINCIPES VOLATILS DES EXCRÉMENTS HUMAINS. — *Berichte*, X, 1027. Berne.

Brieger a obtenu en distillant les matières fécales avec de l'acide sulfurique dilué, les acides acétique, butyrique et isobutyrique, du phénol, de l'indol et une nouvelle substance se rapprochant de l'indol et qu'il nomme skatol. Elle cristallise de sa dissolution aqueuse sous forme de petites feuilles blanches, brillantes, fondant à 93°-95°, qui ne sont pas colorés par l'eau de chlore comme l'indol et dont la dissolu-

tion avec l'acide nitrique fumant donne un léger trouble blanchâtre et non pas un précipité rouge. Son odeur rappelle celle de la naphtylamine. Les excréments de chiens ne fournissent que l'indol et pas de skatol.

G. LUNGE. RECHERCHE QUANTITATIVE DE L'ACIDE NITRIQUE ET DE L'ACIDE NITREUX. — *Berichte,* X, 1073. Zurich Polytechnicum.

Lunge arrive à la conclusion que la meilleure méthode pour doser l'acide nitrique, est d'oxyder une quantité connue de fer et de titrer le fer non oxydé par le caméléon d'après la méthode de Frésénius.

Pour l'acide nitreux en dissolution dans l'acide sulfurique, il recommande de verser dans la dissolution de caméléon et non le contraire; si le titre de la dissolution de caméléon est faible il faut chauffer à 30°-40°; il préfère cette méthode à celle par le bichromate de potasse, à celle de Siewert, ainsi qu'à celle de Hart par l'urée, modifiée par Crowder.

Pour l'estimation des deux acides réunis, Lunge oxyde d'abord l'acide nitreux par le caméléon, puis ajoute une solution titrée d'un sel de fer et titre enfin le fer non oxydé.

Lunge a analysé par ces méthodes un acide sulfurique nitreux provenant d'une tour de Gay Lussac de la fabrique Schnorf à Zurich et n'y a point trouvé d'acide nitrique, contrairement aux recherches précédentes de Kolbe et de Winkler. Il estime que l'acide nitrique trouvé par ces chimistes n'était pas réellement contenu dans l'acide à analyser et que leur méthode d'analyse était fautive.

RÉSUMÉ DES TRAVAUX
PRÉSENTÉS A LA SOCIÉTÉ DE CHIMIE DE ZURICH
en mars, mai et juin

Watson Smith, nouveaux isomères du dinaphtyl. — *G.-A. Burkhardt,* acide oxytéréphtalique. — *J. Züblin,* nitrobu-

tane normal. — *Knecht*, densité de vapeurs du piperonal. — *R. Meyer*, isopropyltoluol. — *V. Meyer*, poids spécifique à 444° de l'alliage de Wood. — *Watson Smith*, action réciproque des oxalates sur les carbonates. — *Petri*, acide benzoïque par l'action de l'acide nitrique sur le chlorure de benzyle. — *Gnehm*, acide α disulfotoluol. — *Gnehm et G. Wyss*, dérivés de la diphénylamine.

M. Smith en faisant passer ensemble dans des tubes chauffés au rouge, des vapeurs de naphtaline et des vapeurs de trichlorure d'antimoine ou de tétrachlorure d'étain, a obtenu en outre de l'isodinaphtyl deux nouveaux isomères, l'un fondant vers 75° l'autre vers 147°. Il croit ce dernier identique à celui obtenu par Lossen dont le point de fusion observé est, il est vrai, 154°, mais qui serait probablement mélangé avec de l'isodinaphtyl fondant à 189°. Outre ces corps, M. Smith a encore obtenu en petite quantité une substance qu'il croit être un polymére du dinaphtyl.

M. Burkhardt continue ses recherches sur l'acide oxytéréphtalique. Il l'a nitré au moyen d'un mélange d'acide nitrique fumant et d'acide pyrosulfurique et a obtenu le dérivé binitré, qui se sépare de sa dissolution aqueuse, sous forme de cristaux transparents d'un jaune d'or; il fond près de 178°; il ne se forme point d'isomère dans cette réaction : l'acide et ses sels sont explosibles. Le sel acide d'argent est une poudre cristalline jaune assez soluble dans l'eau ; le sel neutre obtenu par l'action de l'acide sur l'oxyde d'argent cristallise sous forme de prismes rouges très-solubles dans l'eau et perdant deux molécules d'eau à 130°.

Le sel acide de plomb est une poudre cristalline jaune peu soluble dans l'eau, enfin le sel neutre de calcium $C_6H\,(NO_2)_2OH(COO)_2Ca$ est jaune cristallin peu soluble dans l'eau froide; tous ces sels ont été analysés.

M. *J. Zublin*, de son côté, a préparé le nitrobutane normal $CH_3.CH_2.CH_2.CH_2.NO_2$ p. f. 151°-152° et a étudié ses dérivés.

M. *Knecht* a pris la densité de vapeur du piperonal avec un échantillon bien cristallisé. il a trouvé : 5,181 tandis que

la formule $C_6H_3 \begin{matrix} CHO \\ -O \\ O \end{matrix} \!\!> CH_2$ demande 5,183. Cette expérience avait pour but de se rendre compte si le groupe bivalent CH_2 était combiné simplement avec les deux O de la pyrocatechine, en effet de nombreux essais faits dans le laboratoire de M. Meyer pour obtenir directement un corps $C_6H_4 \left< \begin{matrix} O \\ O \end{matrix} \right> CH_2$ ou $C_6H_4 \begin{matrix} -O-CH_2-O \\ -O-CH_2-O \end{matrix} \!\!> C_6H_4$ n'avaient pas réussi.

R. Meyer, à Coire, cherche à obtenir un isomère du cymol. l'isopropyltoluol. Il fait passer sur de la poussière de zinc chauffée au rouge les vapeurs du cuminol

$C_6H_4 \left< \begin{matrix} C \begin{matrix} = O \\ - H \end{matrix} \\ CH \left< \begin{matrix} CH_3 \\ CH_3 \end{matrix} \right. \end{matrix} \right.$; dans cette réaction il se produit un carbure d'hydrogène qui est probablement celui qu'il cherche.

V. Meyer a remarqué que l'alliage de Wood, dont il se sert pour la prise des densités de vapeur à 444°, garde son même point de fusion après avoir été employé un grand nombre de fois; par contre 1 gr. ne prend plus qu'un vol. de $0{,}1091^{cc}$, tandis que l'alliage qui n'a pas servi, a un volume de $0{,}1092^{cc}$.

M. *Watson Smith* a fait des recherches dans le laboratoire de M. Lunge, sur l'action des oxalates sur les carbonates et réciproquement. Les chiffres ci-dessous indiquent les $^0/_0$ de carbonate de soude formé. 100 représenterait la quantité de ce sel qui se formerait par décomposition totale. Dans chaque expérience on a mélangé des équivalents égaux des substances.

Action de l'oxalate de soude sur les carbonates de :

chaux	à froid	19.83 $^0/_0$	à chaud	22.90 $^0/_0$
strontiane	»	7.63	»	7.38
baryte	»	4.84	»	4.98
plomb	»	6.35	»	13.08

Action du carbonate de soude sur les oxalates de :

chaux	à froid	16.07 $^0/_0$	à chaud	52.34 $^0/_0$

strontiane	»	57.24	»	79.96
baryte	»	73.20	»	87.96
plomb	»	81.54	»	90.61

Une action réciproque analogue se remarque aussi pour le phosphate de soude et le carbonate de chaux.

M. *Petri* prépare de l'acide benzoïque en traitant 100 parties de chlorure de benzyle par 300 d'acide azotique à 35°B. et 200 d'eau; il chauffe à ébullition avec réfrigérant pendant 10 heures jusqu'à ce que l'odeur du chlorure et de l'aldéhyde ait disparu; par le refroidissement, le contenu du flacon ne présente plus qu'une masse cristalline d'acide benzoïque sans trace de liquide huileux.

R. Gnehm a obtenu de l'acide α disulfotoluol en faisant arriver des vapeurs de toluol dans de l'acide sulfurique concentré chauffé à 240°; la réaction est énergique, le contenu de la cornue se carbonise partiellement et il s'échappe de l'acide sulfureux; en dissolvant dans l'eau et faisant le sel de baryte on obtient le sel de l'acide disulfotoluol qui est précipité par l'alcool pour le séparer du sel de baryte d'un acide monosulfotoluol. Ce sel a la formule $C_7H_6S_2O_6Ba + H_2O$.

	Calculé.	Trouvé.
Ba	33.82	33.23
H_2O	4.44	4.69

Le chlorure de cet acide $C_6H_3 \begin{cases} CH_3 \\ SO_2Cl \\ SO_2Cl \end{cases}$ cristallise sous forme d'aiguilles ou de prismes fusibles à 52°.

En traitant le chlorure par l'ammoniaque en dissolution alcoolique on obtient l'amide sous forme de prismes fusibles à 185°. Ces dérivés caractérisent l'acide α disulfotoluol déjà obtenu par Gnehm et Forrer en traitant le toluol par l'acide sulfurique cristallisé.

Gnehm continue en collaboration avec *G. Wyss* ses recherches sur les dérivés de la diphenylanime. Ces chimistes ont obtenu par l'action de l'acide nitrique sur la diphenylamine tétrabromée un corps ayant la formule $NC_{12}H_6Br_3(NO_2)_2$; ils ont aussi obtenu la diphenylamine tétranitrée; c'est une matière colorante jaune qui donne un produit de réduction instable qui n'a pu encore être bien étudié.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES A L'OBSERVATOIRE DE GENÈVE

sous la direction de

M. le prof. E. PLANTAMOUR

PENDANT LE MOIS DE JUIN 1877.

Le 1er, de midi à midi $^1/_2$, violents coups de vent du SSO., suivis de pluie et de plusieurs coups de tonnerre.

2, forte rosée le matin.

3, à $4^3/_4$ h., faible halo solaire ; le soir à 9 h. éclairs à l'ouest.

5, de $5^1/_2$ h. à $6^1/_2$ h. du soir, éclairs et tonnerres; un peu après 6 h. forte averse de grêle et de pluie, les plus gros grêlons mesurant 16mm sur 12mm. Toute la soirée éclairs fréquents; à minuit très-forte pluie accompagnée d'éclairs et de tonnerres.

6, à $4^1/_2$ h. matin, orage accompagné d'éclairs et de tonnerres et d'une forte pluie. La foudre est tombée sur une maison de la ville (rive droite).

7, forte rosée le matin ; halo solaire à 1 h.

8, rosée le matin; très-faible halo solaire à 1 h.

9, faible rosée le matin ; à $1^1/_4$ h. tonnerres lointains au NO.

10, rosée le matin ; hâle dans la journée.

11, rosée le matin; de $9^3/_4$ h. à 11 h., halo solaire vivement coloré dans sa partie supérieure.

12, rosée le matin ; à $10^3/_4$ h. soir éclairs au NE.

13, rosée le matin ; à 2 h. tonnerres lointains à l'Est.

14, rosée le matin ; à $9^1/_2$ h. et à 1 h. halo solaire. Le soir, depuis 8 h., éclair dans toute la partie nord de l'horizon.

15, Hâle dans la journée ; de $2^1/_2$ h. à 3 h. tonnerres lointains au NE.

17, de $2^1/_4$ à $5^3/_4$ h., succession d'orages qui passent au-dessus de la ville et de ses environs ; la plus forte décharge électrique a eu lieu à 4 h. et elle a été suivie d'une averse abondante. Plus tard encore, à $9^1/_2$ h. soir, éclairs et tonnerres au Nord.

18, éclairs au NE. toute la soirée.

19, à 5 h. soir, orage du côté du Jura; éclairs au Sud toute la soirée.
21, rosée le matin.
22, à 5 1/4 h., tonnerres du côté de l'Est.
23, à 1 h., halo solaire partiel.
27, faible rosée le matin; à 1 h. halo solaire partiel.
28, rosée le matin.
29, à 11 h. halo solaire; assez forte bise pendant une partie de la journée.

Valeurs extrêmes de la pression atmosphérique.

MAXIMUM.	mm	MINIMUM.	mm
Le 2 à 8 h. matin	732,81	Le 1er à midi	725,00
7 à 10 h. matin	733,04	4 à 6 h. soir	725,11
10 à 8 h. matin	731,92	8 à 4 h. après midi	728,72
19 à 8 h. matin	730,17	13 à 2 h. après midi	724,57
26 à 6 h. matin	730,59	22 à 4 h. après midi	723,11
30 à 8 h. matin	733,37	27 à 4 h. après midi	728,48

Jours du mois.	Baromètre. Hauteur moy. des 24 h.	Baromètre. Écart avec la hauteur normale	Température C. Moyenne des 24 heures	Température C. Écart avec la temp. normale	Température C. Minim.	Température C. Maxim.	Tension de la vap. Moy. des 24 h.	Tension de la vap. Écart avec la tension normale.	Fract. de saturation en millièmes. Moy. des 24 h.	Fract. de saturation Écart avec la fraction norm.	Fract. de saturation Minim.	Fract. de saturation Maxim.	Pluie ou neige. Eau tomb. d. les 24 h.	Pluie ou neige. Nomb. d'h.	Vent dominant.	Clarté moy. du Ciel.	Temp. du Rhône. Midi.	Temp. du Rhône. Écart avec la temp. normale.	Limnimètre à 11 h.
	millim.	millim.	o	o	o	o	millim.	millim.					mm.				o	o	cm
1	728,14	+ 1,85	+14,28	— 1,06	+ 8,9	+23,2	9,16	+0,18	777	+ 73	520	960	8,9	5	SO. 2	0,56	+9,2	— 4,5	170,4
2	731,60	+ 5,27	+12,81	— 2,65	+ 5,9	+18,3	7,83	—1,22	715	+ 11	460	960	..	...	N. 1	0,01	11,3	— 2,5	174,0
3	727,77	+ 1,39	+16,32	+ 0,74	+ 8,2	+23,7	9,58	+0,47	691	— 13	470	860	...	...	N. 1	0,40	...	.....	176,0
4	726,39	— 0,03	+19,90	+ 4,20	+13,2	+24,6	12,42	+3,25	713	+ 9	550	820	10,4	1	variable	0,56	13,0	— 1,1	178,7
5	727,52	+ 1,06	+20,47	+ 4,65	+17,1	+26,3	13,06	+3,82	748	+ 44	520	880	15,9	7	variable	0,87	13,2	— 1,0	182,1
6	730,50	+ 4,00	+15,33	— 0,61	+13,4	+19,0	9,79	+0,49	776	+ 72	550	890	...	...	SO. 2	0,58	14,4	+ 0,1	189,8
7	732,47	+ 5,93	+16,61	+ 0,55	+ 9,3	+22,1	9,69	+0,33	695	— 9	430	920	...	...	N. 1	0,09	14,6	+ 0,2	193,2
8	730,26	+ 3,68	+18,51	+ 2,34	+12,1	+24,0	12,02	+2,60	752	+ 48	560	860	...	...	N. 1	0,12	14,6	+ 0,1	200,3
9	731,01	+ 4,39	+21,22	+ 4,94	+17,7	+27,5	12,68	+3,21	693	— 11	420	820	...	...	N. 1	0,29	17,4	+ 2,8	205,9
10	731,08	+ 4,42	+21,38	+ 4,99	+14,9	+27,5	13,74	+4,21	728	+ 25	490	860	...	...	NNE. 1	0,21	...	.....	207,0
11	729,56	+ 2,86	+22,21	+ 5,71	+15,4	+28,4	12,95	+3,36	662	— 41	390	790	...	...	NNE. 1	0,24	18,9	+ 4,0	210,2
12	726,82	+ 0,08	+25,15	+ 8,54	+18,1	+30,8	14,20	+4,56	612	— 91	400	820	...	...	SO. 1	0,07	17,9	+ 2,9	213,6
13	725,42	— 1,36	+23,52	+ 6,81	+18,0	+31,8	13,20	+3,51	645	— 57	280	830	...	...	variable	0,26	16,1	+ 1,1	217,2
14	725,64	— 1,17	+20,44	+ 3,62	+15,0	+25,8	13,25	+3,50	741	+ 39	560	830	...	...	NNE. 1	0,36	18,9	+ 3,7	220,1
15	725,71	— 1,14	+20,93	+ 4,01	+15,8	+29,9	14,22	+4,42	770	+ 69	570	860	...	...	NNE. 1	0,27	20,6	+ 5,3	227,4
16	726,52	— 0,37	+19,49	+ 2,47	+16,2	+24,0	11,32	+1,47	690	— 10	590	700	...	...	NNE. 1	0,30	20,7	+ 5,3	230,1
17	726,73	— 0,19	+18,45	+ 1,34	+15,0	+27,4	12,34	+2,44	787	+ 87	580	940	9,6	6	NNE. 1	0,69	...	.....	234,0
18	727,92	+ 0,96	+19,43	+ 2,22	+15,9	+26,2	12,53	+2,58	763	+ 64	540	950	...	...	N. 1	0,57	20,3	+ 4,7	239,0
19	729,61	+ 2,62	+19,90	+ 2,60	+16,0	+25,0	14,09	+4,10	817	+118	640	950	1,1	1	variable	0,63	20,8	+ 5,1	240,2
20	728,47	+ 1,44	+21,36	+ 3,97	+14,8	+27,0	13,34	+3,30	713	+ 15	440	880	...	...	SSO. 1	0,28	20,8	+ 5,0	242,0
21	725,79	— 1,27	+19,92	+ 2,44	+15,9	+23,7	11,59	+1,51	679	— 18	520	830	...	...	SO. 1	0,71	20,9	+ 5,0	242,7
22	724,18	— 2,91	+20,62	+ 3,05	+16,8	+27,0	12,43	+2,30	699	+ 3	480	790	1,0	2	SO. 2	0,73	14,8	— 1,2	241,5
23	725,74	— 1,38	+19,09	+ 1,44	+16,3	+23,9	9,77	—0,40	619	— 77	430	820	...	...	SSO. 2	0,57	20,7	+ 4,6	241,5
24	727,46	+ 0,30	+17,00	— 0,73	+14,2	+22,6	9,56	—0,65	699	+ 4	490	860	...	...	NNE. 1	0,71	...	.....	244,7
25	728,93	+ 1,74	+16,17	— 1,64	+13,4	+20,0	7,75	—2,50	593	—101	410	770	...	...	NNE. 1	0,33	15,3	— 1,0	246,5
26	730,07	+ 2,85	+16,87	— 1,01	+10,3	+22,0	8,82	—1,47	632	— 61	460	780	...	...	N. 1	0,04	17,7	+ 1,3	247,4
27	729,56	+ 2,31	+19,07	+ 1,11	+10,8	+27,0	10,15	—0,18	628	— 64	370	840	...	...	variable	0,20	18,2	+ 1,7	244,8
28	729,79	+ 2,51	+19,61	+ 1,58	+12,9	+25,2	10,64	+0,27	633	— 58	440	840	..	...	N. 1	0,11	18,7	+ 2,1	243,1
29	732,35	+ 5,05	+18,81	+ 0,72	+15,0	+23,2	10,32	—0,08	648	— 43	490	740	...	...	NNE. 2	0,13	19,1	+ 2,4	244,1
30	731,99	+ 4,66	+19,63	+ 1,47	+13,0	+25,2	12,37	+1,93	713	+ 23	490	810	...	...	N. 1	0,09	19,8	+ 3,0	242,9

MOYENNES DU MOIS DE JUIN 1877.

	6 h. m.	8 h. m.	10 h. m.	Midi.	2 h. s.	4 h. s.	6 h. s.	8 h. s.	10 h. s.
Baromètre.									
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade	729,88	730,14	729,99	729,60	729,46	729,24	729,12	729,29	729,86
2e »	727,99	728,02	727,72	727,18	726,64	726,37	726,47	726,82	727,18
3e »	729,10	729,16	728,92	728,63	728,15	727,83	728,02	728,47	728,94
Mois	728,99	729,11	728,88	728,47	728,08	727,81	727,87	728,19	728,66
Température.									
	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1re décade	+14,95	+17,73	+19,33	+20,92	+21,21	+20,80	+20,58	+18,68	+16,61
2e »	+17,72	+20,64	+22,71	+24,39	+25,60	+25,70	+23,09	+21,60	+19,91
3e »	+15,53	+18,51	+19,99	+21,28	+22,84	+22,73	+21,52	+19,39	+17,66
Mois	+16,07	+18,96	+20,68	+22,20	+23,22	+23,08	+21,73	+19,89	+18,06
Tension de la vapeur.									
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade	10,96	11,19	10,98	10,92	10,65	10,33	10,60	11,81	11,90
2e »	12,47	13,30	12,78	12,98	13,17	12,52	13,68	14,07	13,70
3e »	10,58	10,28	9,94	10,07	10,20	10,39	10,72	10,53	10,70
Mois	11,34	11,59	11,23	11,32	11,34	11,08	11,67	12,14	12,10
Fraction de saturation en millièmes.									
1re décade	858	737	655	587	567	565	579	721	836
2e »	823	728	618	573	552	522	661	741	808
3e »	801	644	565	533	484	504	556	636	711
Mois	827	703	613	564	534	530	599	699	785

	Therm. min.	Therm. max.	Clarté moy. du Ciel.	Température du Rhône.	Eau de pluie ou de neige.	Limnimètre.
	0	0		0	mm	cm
1re décade	+12,07	+23,62	0,37	+13,46	35,2	187,7
2e »	+16,02	+27,63	0,37	+19,44	10,7	227,4
3e »	+13,86	+23,99	0,36	+18,36	1,0	243,9
Mois	+13,98	+25,08	0,37	+17,23	46,9	219,7

Dans ce mois, l'air a été calme 1,9 fois sur 100.

Le rapport des vents du NE. à ceux du SO. a été celui de 1,10 à 1,00.

La direction de la résultante de tous les vents observés est N. 42°,3 O. et son intensité est égale à 21,5 sur 100.

TABLEAU

DES

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES AU SAINT-BERNARD

pendant

LE MOIS DE JUIN 1877.

Le 1er, pluie, neige et brouillard tout le jour; jusqu'à 2 h. après-midi fort vent du SO., et depuis 4 h. forte bise.
2, brouillard le matin de bonne heure, puis clair.
4, brouillard le soir à 10 h.
5, bruillard et bruine le soir; de 8 h. à 10 h. soir fréquents éclairs.
6, brouillard et fort vent du SO. le matin jusqu'à midi; clair le soir.
8, faible brouillard à différentes reprises; à 9 h. soir fréquents éclairs.
14, de 9 à 11 h. du soir, fréquents éclairs et quelques coups de tonnerre.
15, brouillard le soir.
16, id.
17, brouillard tout le jour.
18, brouillard le matin jusqu'à 10 h.
19, brouillard le soir depuis 6 h.
23, pluie et brouillard le soir.
24, brouillard presque tout le jour.
25, brouillard le soir depuis 6 h.
26, brouillard le matin à 6 h., puis clair le reste du jour.

Valeurs extrêmes de la pression atmosphérique.

MAXIMUM	mm	MINIMUM.	mm
Le 2 à 10 h. soir	571,30	Le 1er à 2 h. après midi	566,32
10 à midi	574,00	6 à 6 h. matin	568,88
19 à 10 h. soir	571,50	14 à 6 h. matin	569,01
30 à 10 h. matin	574,37	24 à 6 h. matin	566,06

SAINT-BERNARD. — JUIN 1877.

Jours du mois.	Baromètre. Hauteur moy. des 24 heures.	Baromètre. Écart avec la hauteur normale.	Baromètre. Minimum.	Baromètre. Maximum.	Température C. Moyenne des 24 heures.	Température C. Écart avec la température normale.	Température C. Minimum*	Température C. Maximum*	Pluie ou neige. Hauteur de la neige.	Pluie ou neige. Eau tombée dans les 24 h.	Pluie ou neige. Nombre d'heures.	Vent dominant.	Clarté moyenne du Ciel.
	millim.	millim.	millim.	millim.	°	°	°	°	millim.	millim.			
1	567,67	+ 1,99	566,32	568,42	+ 0,86	— 1,81	— 2,4	+ 6,2	40	7,4	....	variable	0,98
2	570,46	+ 4,69	569,14	571,30	+ 6,24	+ 3,45	+ 0,4	+11,2	.....	.....	....	NE. 1	0,16
3	570,72	+ 4,86	570,58	570,91	+ 6,54	+ 3,64	+ 3,2	+ 9,4	.....	.....	....	SO. 1	0,28
4	570,40	+ 4,46	570,21	570,89	+ 6,64	+ 3,63	+ 4,0	+10,2	.....	.....	....	SO. 1	0,36
5	570,75	+ 4,73	570,37	571,10	+ 7,62	+ 4,50	+ 6,0	+11,0	.....	.....	....	SO. 1	0,71
6	569,78	+ 3,67	568,88	570,71	+ 5,69	+ 2,46	+ 4,5	+ 9,7	.....	.....	....	SO. 1	0,51
7	572,35	+ 6,16	571,20	573,05	+ 9,12	+ 5,78	+ 5,0	+12,7	.....	.....	....	variable	0,10
8	572,86	+ 6,59	572,71	573,09	+ 7,38	+ 3,93	+ 5,9	+10,9	.....	.....	....	SO.	0,54
9	573,20	+ 6,85	572,86	573,59	+ 9,52	+ 5,97	+ 6,5	+13,5	.....	.....	....	NE. 1	0,22
10	573,64	+ 7,21	573,34	574,00	+ 9,82	+ 6,17	+ 6,8	+13,3	.....	.....	....	NE. 1	0,08
11	572,98	+ 6,47	572,62	573,47	+10,08	+ 6,33	+ 7,2	+16,2	.....	.....	....	NE. 1	0,33
12	571,47	+ 4,88	571,01	571,90	+ 9,50	+ 5,65	+ 8,0	+13,0	.....	.....	....	NE. 1	0,09
13	569,61	+ 2,94	569,10	570,53	+ 9,65	+ 5,70	+ 7,9	+15,0	.....	.....	....	variable	0,27
14	569,24	+ 2,49	569,01	569,55	+10,20	+ 6,16	+ 7,1	+14,8	.....	.....	....	NE. 1	0,13
15	569,24	+ 2,42	569,14	569,45	+ 9,86	+ 5,73	+ 7,9	+14,5	.....	.....	....	variable	0,33
16	569,08	+ 2,18	568,97	569,43	+ 8,38	+ 4,16	+ 4,7	+13,6	.....	.....	....	variable	0,41
17	569,14	+ 2,17	569,13	569,26	+ 5,11	+ 0,80	+ 3,7	+ 8,4	.....	.....	....	SO. 1	0,91
18	569,52	+ 2,48	569,05	570,31	+ 4,70	+ 0,30	+ 3,2	+ 8,3	.....	.....	....	variable	0,51
19	570,73	+ 3,62	570,11	571,50	+ 7,19	+ 2,70	+ 3,2	+12,5	.....	.....	....	NE. 1	0,40
20	570,11	+ 2,93	569,53	570,81	+ 9,13	+ 4,55	+ 6,3	+13,0	.....	.....	....	NE. 1	0,07
21	567,87	+ 0,62	567,50	568,57	+ 6,03	+ 1,37	+ 5,0	+ 9,2	.....	.....	....	SO. 1	0,77
22	567,07	— 0,25	566,40	567,68	+ 6,32	+ 1,58	+ 5,0	+10,0	.....	10,0	....	SO. 1	0,74
23	566,45	— 0,94	566,21	566,86	+ 5,66	+ 0,84	+ 3,0	+10,5	.....	4,0	....	NE. 1	0,76
24	566,62	— 0,83	566,06	567,27	+ 2,12	— 2,78	+ 1,3	+ 6,4	.....	.....	....	NE. 1	0,83
25	567,31	— 0,20	566,80	567,90	+ 3,12	— 1,86	+ 0,4	+ 6,5	.....	.....	....	NE. 1	0,42
26	569,19	+ 1,62	567,81	570,37	+ 4,80	— 0,25	+ 0,3	+ 8,2	.....	.....	....	NE. 1	0,12
27	570,30	+ 2,67	569,90	570,61	+ 7,03	+ 1,91	+ 4,3	+10,9	.....	.....	....	NE. 1	0,21
28	570,86	+ 3,17	570,57	571,38	+ 7,28	+ 2,09	+ 4,5	+11,2	.....	.....	....	NE. 1	0,02
29	572,72	+ 4,97	571,49	573,65	+ 8,16	+ 2,90	+ 5,9	+12,1	.....	.....	....	NE. 1	0,17
30	574,07	+ 6,26	573,83	574,37	+11,13	+ 5,80	+ 7,8	+16,6	.....	.....	....	variable	0,28

* Ces colonnes renferment la plus basse et la plus elevée des températures observées de 6 h. matin à 10 h. soir.

MOYENNES DU MOIS DE JUIN 1877.

Baromètre.

	6 h. m.	8 h. m.	10 h. m.	Midi.	2 h. s.	4 h. s.	6 h. s.	8 h. s.	10 h. s.
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade	570,88	571,04	571,15	571,24	571,20	571,24	571,28	571,43	571,57
2e »	570,22	570,18	570,26	570,16	570,10	570,04	570,07	570,14	570,22
3e »	568,88	569,08	569,26	569,33	569,32	569,32	569,38	569,46	569,57
Mois	569,99	570,10	570,22	570,24	570,21	570,20	570,24	570,34	570,45

Température.

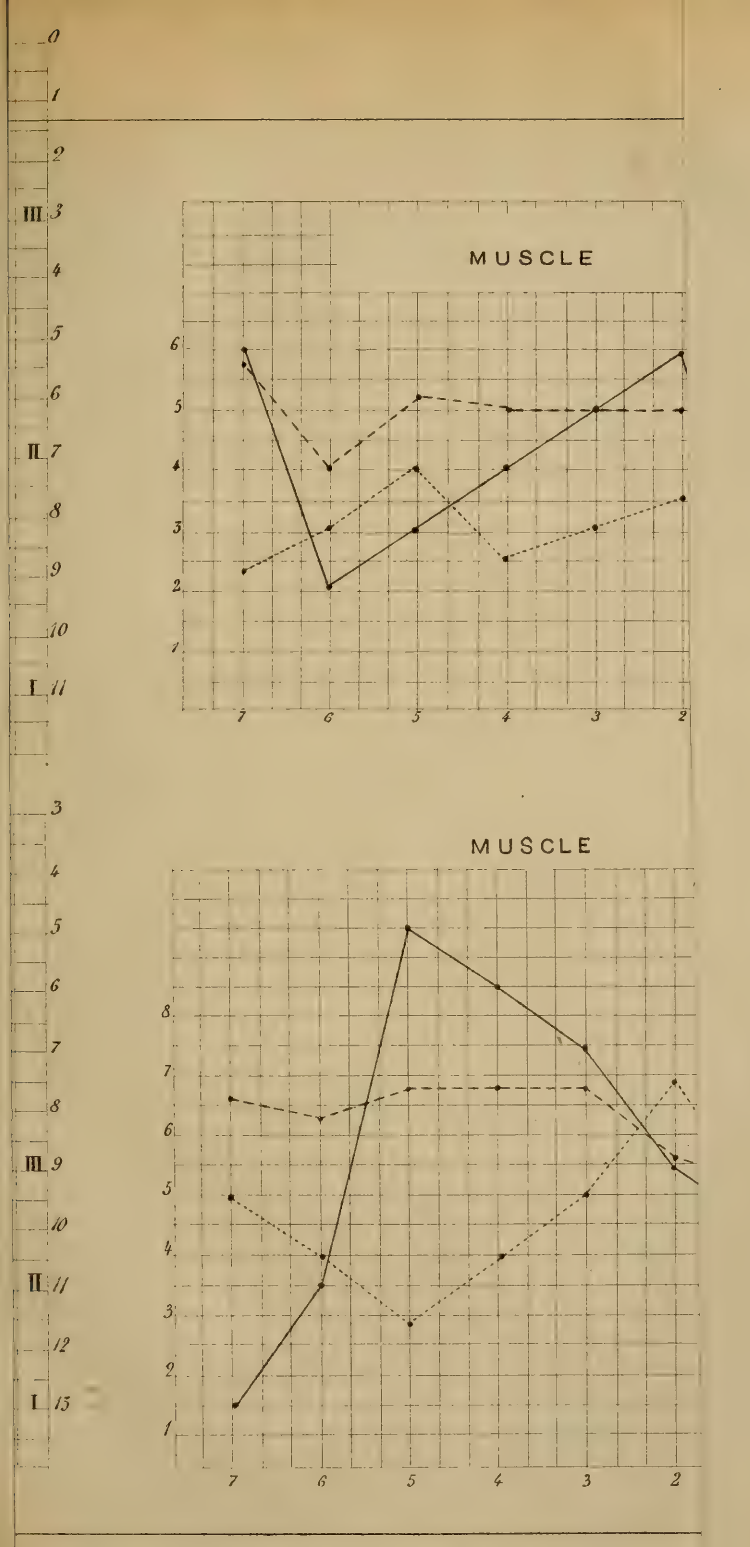
	6 h. m.	8 h. m.	10 h. m.	Midi.	2 h. s.	4 h. s.	6 h. s.	8 h. s.	10 h. s.
	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1re décade	+ 4,70	+ 7,49	+ 9,10	+ 9,60	+10,22	+ 9,58	+ 7,89	+ 6,13	+ 5,70
2e »	+ 6,09	+ 7,94	+ 9,55	+11,42	+12,49	+11,72	+ 9,62	+ 7,71	+ 6,79
3e »	+ 4,07	+ 6,27	+ 8,37	+ 9,62	+ 9,57	+ 8,43	+ 6,93	+ 5,36	+ 4,79
Mois	+ 4,95	+ 7,23	+ 9,01	+10,21	+10,76	+ 9,91	+ 8,15	+ 6,40	+ 5,76

	Min. observé.	Max. observé	Clarté moyenne du ciel.	Eau de pluie ou de neige.	Hauteur de la neige tombée.
	0	0		mm	mm
1re décade	+ 3,99	+ 10,81	0,39	7,4	40
2e »	+ 5,92	+ 12,93	0,35	—	—
3e »	+ 3,75	+ 10,16	0 43	14,0	—
Mois	+ 4,55	+ 11,30	0,39	21,4	40

Dans ce mois, l'air a été calme 2,2 fois sur 100.

Le rapport des vents du NE. à ceux du SO. a été celui de 1,33 à 1,00.

La direction de la résultante de tous les vents observés est N. 45° E., et son intensité est égale à 14,8 sur 100.



0
1
2
III 3
4
5
6
II 7
8
9
10
I 11
MUSCLE
6
5
4
3
2
1
7
6
5
4
3
2
3
4
5
6
7
8
III 9
10
II 11
12
I 13
MUSCLE
8
7
6
5
4
3
2
1
7
6
5
4
3
2

NERF

NERF

NERF

MUSCLE

MUSCLE

MUSCLE

NOUVELLES ÉTUDES

SUR

LE CLIMAT DE GENÈVE

PAR

M. le prof[r] E. PLANTAMOUR

(Analyse par M. le professeur Gautier.)

Deuxième article[1].

Après avoir, dans le premier article de cette analyse, exposé en détail ce qui concerne la température, dans les sept premiers paragraphes de ces *Études*, je passe au chapitre suivant, comprenant les paragraphes 8 à 10. Il a pour objet la *Pression atmosphérique*, et sa première section est relative à la variation diurne.

L'auteur y rapporte d'abord, dans un tableau détaillé, pour les 15 années 1861 à 1875, les moyennes mensuelles de la hauteur du baromètre observée aux différentes heures paires de la journée, et réduites à la température de 0°, ainsi que le *maximum* et le *minimum* absolus observés dans le courant du mois. Pour les heures de minuit, 2 h. et 4 h. du matin, où l'observation directe n'est pas faite, les chiffres ont été calculés chaque mois, à l'aide des formules d'interpolation basées sur les neuf lectures diurnes faites aux autres heures paires.

[1] Le premier article a paru dans le n° de mars 1877, t. LVIII, p. 308.

Le tableau contient aussi la moyenne des résultats, soit pour ces 15 années, soit pour les 25 années antérieures, 1836 à 1860, d'après les chiffres publiés dans le premier travail sur le climat de Genève, soit, enfin, la moyenne générale des 40 années 1836 à 1875. L'auteur indique également les constantes de la formule périodique de la variation diurne, déduites des valeurs observées, la hauteur du baromètre calculée pour les différentes heures à l'aide de ces constantes, et la différence avec la valeur observée.

La faiblesse des écarts qui ont lieu entre la hauteur du baromètre calculée par la formule, et la hauteur observée aux 12 époques diurnes (le plus grand écart étant de $0^{mm},051$ en décembre, le plus petit de $0^{mm},007$ en juin, et l'écart moyen étant de $\pm 0^{mm},019$) montre que la variation diurne du baromètre est représentée très-exactement par la formule périodique, basée sur les constantes indiquées au bas de chaque mois. Les chiffres diffèrent fort peu de ceux que l'auteur avait obtenus pour les 12 années 1849 à 1860, et il est permis d'en conclure que les variations de pression qui ont lieu en 24 heures, de part et d'autre de la moyenne, sont assez peu différentes, d'une année à l'autre, dans le même mois, pour qu'un nombre restreint d'années suffise à les déterminer avec une grande approximation. M. Plantamour donne ensuite, d'après l'ensemble des observations, pour chaque mois, la formule donnant la hauteur du baromètre pour une heure quelconque. Les formules se composent d'un terme constant, correspondant à la hauteur moyenne du baromètre dans le mois, et de 3 termes periodiques, correspondant le premier à l'heure comptée à partir de midi, le second au double et le troisième au triple de cette

heure. Les coefficients du troisième terme étant seulement de quelques centièmes de millimètre, ce terme peut-être souvent négligé.

Le coefficient du premier terme périodique représente essentiellement l'influence de la variation diurne de la température sur la variation diurne de la pression atmosphérique ; il augmente dans une forte proportion des mois d'hiver à ceux d'été, étant seulement de $0^{mm},04$ à son *minimum* en décembre, et de $0^{mm},47$ à son *maximum* en juillet.

Le coefficient du second terme périodique représente essentiellement l'inégalité de durée entre la période d'accroissement et celle de décroissement de la température, la première étant de 7 à 8 heures seulement dans les mois d'hiver et la seconde de 16 à 17 heures, tandis que dans les mois d'été l'inégalité est beaucoup moins prononcée. Il en résulte que ce coefficient est non-seulement numériquement plus fort en hiver qu'en été (de $0^{mm},39$ à son *maximum* en février et mars, et de $0^{mm},26$ à son *minimum* en juin) ; mais il s'élève, en hiver, à plus de 3 fois la valeur du coefficient du premier terme, tandis qu'en été, il en est seulement un peu plus de la moitié. Le second terme périodique dans la formule barométrique ne peut être attribué que pour une minime partie à l'inégalité entre la période d'élévation et celle d'abaissement de la température, car, sauf dans les mois d'été, où il est un peu plus faible, le coefficient de ce second terme est notablement plus fort que celui du premier. Il doit être attribué, par conséquent, à une action émanant du soleil, puisqu'il dépend de l'heure solaire, mais à une action indépendante de la température, car elle donne lieu à deux *minimas* et à deux *maximas* dans le cours des

24 heures, tandis que la température ne présente qu'un seul *maximum* et un seul *minimum*.

« Quelle peut-être, poursuit M. Plantamour, cette action exercée par le soleil ? C'est une question qui, jusqu'à présent, n'a pas encore pu être résolue. Si l'on examine la valeur du coefficient représentant cette action dans les différents mois, on voit qu'elle atteint sa plus grande valeur dans les mois voisins des équinoxes, qu'elle diminue à mesure que le soleil s'écarte de l'équateur et atteint son *minimum* dans les mois d'été, où le soleil se trouve à la fois le plus loin de l'équateur et le plus distant de la terre. Si l'on veut appeler *marée atmosphérique* cette double oscillation diurne du baromètre, cette marée est due uniquement au soleil, et ne peut être attribuée à l'attraction comme la marée luni-solaire de l'Océan. »

Dans les mois d'hiver, d'octobre à février, le coefficient du premier terme périodique s'élevant à peine au tiers de celui du second, la variation diurne du baromètre se rapproche beaucoup de celle qui serait représentée par le second terme seul, avec 2 *minimas* et 2 *maximas* également prononcés. Dans les mois d'été, au contraire, et surtout de mai à juillet, le *minimum* de l'après-midi est très-prononcé, parce que les deux causes de variation agissent dans le même sens, et tendent à produire une diminution de pression à peu près à la même heure. Le *minimum* nocturne, au contraire, est très-peu prononcé, parce que l'heure à laquelle la marée atmosphérique tendrait à amener un *minimum* est à peu près celle où l'influence de la température amènerait un *maximum*. Aussi la pression, au lieu d'augmenter jusqu'à 4 ou 5 heures du matin, ce qui aurait lieu sous l'influence seule de la température, atteint déjà son *maximum* à 11

heures du soir, et diminue jusqu'à 3 heures du matin. Mais cette diminution de pression pendant la nuit est très-faible, comparativement à celle de l'après-midi, produite par l'action réunie des deux causes.

Pour se rendre mieux compte des effets de la combinaison des deux actions, suivant la saison, M. Plantamour a dressé le tableau des heures où chacun des deux coefficients atteint un *minimum* ou un *maximum* dans chaque mois, et de leur valeur respective. Il en résulte un abaissement normal d'environ $0^{mm},70$ du baromètre, vers 4 h. de l'après-midi, dans les mois de mai, juin et juillet.

J'ai fait remarquer (*Bibl. Univ.* janv. 1843) que notre compatriote, le prof. Marc-Auguste Pictet, est un des premiers qui ait obtenu, vers 1778, une évaluation approchée de la variation diurne du baromètre, variation qui a excité, plus tard, un grand intérêt.

M. Plantamour s'occupe ensuite de la *variation annuelle* de la pression atmosphérique.

Il donne d'abord un tableau de la moyenne mensuelle en millimètres de la hauteur du baromètre pour tous les mois des 40 années 1836 à 1875, ainsi que les moyennes pour les lustres et les moyennes générales. On voit par ce tableau, qu'il y a dans les moyennes mensuelles une variation périodique annuelle peu considérable, les différences extrêmes avec la moyenne annuelle étant de $-1^{mm},87$ en avril et de $+1^{mm},32$ en décembre.

Un second tableau présente, outre les moyennes mensuelles et annuelles, les écarts mensuels positifs et négatifs, tant absolus que moyens et probables. Ce tableau manifeste une grande variabilité dans la pression en hiver, les écarts *maxima* étant, en moyenne, de plus de 8 millimètres, positifs et négatifs, de décembre à mars, tandis

qu'ils ne sont que d'environ 2 $^1/_3$ millimètres de mai à août.

L'auteur s'occupe ensuite des saisons, afin d'étudier les écarts de leurs valeurs moyennes de hauteur barométrique. L'examen du tableau qui y est relatif montre des cas où l'influence prédominante des mêmes circonstances accidentelles se prolonge pendant toute une saison, et même sur la plus grande partie de l'année. Dans chaque saison il se rencontre des écarts, tantôt en plus, tantôt en moins, dépassant la valeur de l'écart moyen, et indiquant la compensation à laquelle on peut s'attendre. Il y a des cas où une saison présente un écart assez considérable dans un sens, lors même que l'un des mois, quelquefois même deux, ont présenté des écarts de signe opposé, vu l'intensité de l'influence prédominante pendant une partie seulement. Cette influence ne se prolonge cependant pas, en général, au delà d'un mois ; l'accord des saisons entre elles, et des années entre elles, est plutôt plus complet que celui auquel on pourrait s'attendre, d'après la variabilité de la pression pour chaque mois.

M. Plantamour passe de là à la recherche de la loi suivant laquelle la pression varie dans la période annuelle. Tenant compte, comme il l'a fait pour la formule des températures, de l'inégale longueur des mois et de la variation non uniforme d'un mois à l'autre, il obtient les hauteurs moyennes réduites à 12 époques équidistantes et en déduit, par la méthode des moindres carrés, la formule de la pression pour ces 12 époques.

La moyenne des écarts entre la hauteur calculée et la hauteur observée est de $\pm 0^{mm},269$, tandis que la moyenne arithmétique des erreurs mensuelles est de $\pm 0^{mm},390$.

D'après cette formule, c'est le 16 février, du 9 au 10 juin, le 7 octobre et le 28 novembre que le baromètre atteint sa valeur moyenne annuelle, qui est de 726^{mm},644; il présente :

Le 11 janvier un 1er *maximum* de 727^{mm},922 ;
» 8 avril un 1er *minimum* de 724,484 ;
» 11 août un 2^{d} *maximum* de 727,970 ;
» 3 novembre un 2^{d} *minimum* de 726,155.

Il y a donc, dans sa marche, une double oscillation annuelle, d'inégale durée et d'inégale amplitude, la première étant de 7 mois et la seconde de 5.

La baisse du printemps, d'environ 3^{mm} $^1/_2$ relativement aux 2 *maximas,* constitue le caractère le plus saillant de la variation annuelle.

« Les variations de pression observées à Genève, remarque M. Plantamour, ne sont pas les mêmes que si la colonne atmosphérique partait du niveau de cette station, parce que la dilatation de la partie de l'atmosphère située au-dessous amène en été, au-dessus de ce niveau, des couches ayant une température égale à la moyenne, qui étaient à un niveau inférieur. De même, la contraction de l'atmosphère en hiver abaisse au-dessous du niveau de Genève des couches qui, à la température moyenne, se trouvent au-dessus. La hauteur de la colonne atmosphérique entre le niveau de la mer et l'observatoire de Genève étant de 408 mètres, la dilatation ou la contraction de cette colonne est de 1^m,5 par degré centigrade. On peut ainsi calculer la hauteur de la couche, abaissée au-dessous du niveau de Genève, ou élevée au-dessus de ce niveau, en multipliant le chiffre de 1^m,5 par la différence entre la température de chaque mois et la moyenne annuelle. Pour avoir la différence de pression qui en résulte, il suffit de

diviser ce produit par le nombre 11, qui exprime (à la hauteur de 726 mètres) la différence de hauteur en mètres correspondant à un millimètre de pression. Cette différence de pression, appliquée en signe contraire à la hauteur moyenne du baromètre observée en chaque mois, fera connaître la hauteur qu'on aurait obtenue si la base de l'atmosphère avait été au niveau de Genève, ou si les variations de température dans la partie située au-dessous avaient été sans influence. »

Le tableau résultant de cette correction modifie sensiblement la variation annuelle du baromètre, et fait disparaître presqu'entièrement la baisse de l'été à l'automne. Pendant les six mois de juin à novembre inclusivement, la pression moyenne se maintient, à moins d'un demi-millimètre près, à la hauteur de $726^{mm},47$ fort peu différente de la moyenne annuelle; la pression augmente notablement dans les trois mois d'hiver, dont la moyenne est de $728^{mm},55$, pour s'abaisser pendant les trois mois de printemps, dont la moyenne est de $725^{mm},07$. Ainsi, si la colonnne atmosphérique partait du niveau de Genève, les variations de pression n'y présenteraient plus en moyenne qu'une seule oscillation annuelle, savoir: un *maximum* prononcé en hiver, de $2^{mm},4$ vers la fin de décembre; un *minimum* au printemps de 2^{mm} au-dessous de la moyenne au commencement de mai; la pression se maintenant pendant les six autres mois un peu au-dessous de la moyenne annuelle.

Le dernier paragraphe de la partie du mémoire relative au baromètre, a pour objet les variations accidentelles de la pression atmosphérique.

La pression, dit l'auteur, passe dans le courant d'un mois par une série de phases de hausse ou de baisse,

due à la succession de circonstances accidentelles agissant en sens opposé ; chacune de ces phases est comprise entre un *minimum* relatif et un *maximum* relatif, ou vice versâ, mais on trouve, même dans le courant du même mois, de très-grandes différences dans la durée et dans l'amplitude de ces phases, ou oscillations. Il y a lieu de chercher d'abord le plus faible de tous ces *minimas* relatifs, soit le *minimum* absolu du mois, et de prendre la différence entre ce *minimum* et la pression moyenne pour ce mois, puis de faire la même chose pour le *maximum*. On aura ainsi la mesure des modifications extrêmes, de part et d'autre de la moyenne, dans le courant du mois. Suit le tableau de ces modifications pour chaque mois des 40 années d'observations, et de leurs moyennes générales, comprenant les amplitudes moyennes *maxima* et *minima*.

Ce tableau manifeste de très-grandes différences, d'une année à l'autre, dans l'abaissement du *minimum* absolu et l'élévation du *maximum* absolu, relativement à la pression moyenne du mois, surtout en hiver. Ainsi, en janvier 1870, l'amplitude des variations accidentelles n'était que de $12^{mm},09$, tandis qu'elle a été de $42^{mm},16$ en janvier 1854. Il y a une diminution régulière dans cette amplitude de l'hiver à l'été. Ses valeurs moyennes, de trois en trois mois, sont les suivantes :

Pour l'hiver...........	$25^{mm},27$
« le printemps......	20,24
« l'été.............	13,03
« l'automne.........	20,96
Moyenne annuelle......	$19^{mm},87$

L'abaissement du *minimum*, au-dessous de la moyenne

mensuelle, est généralement plus grand que l'élévation du *maximum* au-dessus de cette moyenne. C'est en hiver et en automne surtout que la baisse est plus prononcée que la hausse, avec une durée plus courte.

La plus grande hauteur du baromètre dans ces 40 années a été de:

	$745^{mm},95$	le 27 janvier 1854
La plus petite a été de :	700,16	le 26 décembre 1856
Ce qui donne pour l'amplitude extrême d'excursion	$45^{mm},79$.	

L'amplitude moyenne annuelle a été de $35^{mm},98$.

J'ai rapporté dans ma Notice météorologique de 1842 (*Bibl. Univ.* janvier 1843) quelques hauteurs et abaissements barométriques encore plus grands, observés à Genève à époques plus anciennes. En les réduisant en millimètres, il en résulte que le baromètre s'est élevé

le 26 décembre 1778 à $751^{mm},2$
le 7 février 1821 à $746^{mm},7$;

tandis qu'il s'est abaissé le 25 décembre 1821 à $694^{mm},8$
le 2 février 1823 à $692^{mm},5$;

d'où l'on déduit une amplitude extrême d'excursion de la colonne de mercure de $58^{mm},7$.

Pour apprécier plus complétement les variations barométriques qui ont lieu à Genève, M. Plantamour a joint à cette partie de son travail un tableau final, indiquant les dates, en jours et fractions de jour, comptés à partir de minuit, de tous les *maximas* et *minimas* consécutifs de hauteur du baromètre, au-dessus et au-dessous de la hauteur normale correspondant à ce jour et à cette heure, pendant les 15 années comprises entre le mois de décembre 1861 et le mois de novembre 1875. Ce tableau, qui occupe onze pages de format in-4°, donne lieu aux conclusions suivantes :

1° Il n'est pas rare de trouver plusieurs *maximas* consécutifs avec un signe négatif, indiquant qu'ils sont tous au-dessous de la hauteur normale, et de même plusieurs *minimas* consécutifs avec le signe positif. Ce dernier cas a eu lieu, entre autres, en septembre 1865, où le beau temps a duré tout le mois, et où les trois *minimas* relatifs ont été au-dessus de la hauteur normale.

2° Il y a une très-grande inégalité dans la durée et dans l'amplitude des oscillations accidentelles. La plus longue durée, pour une période de hausse ou de baisse, est d'environ dix jours, tandis qu'il y en a d'un petit nombre d'heures seulement, avec un assez grand nombre de millimètres d'amplitude. Dans les mouvements très-prononcés, soit en hausse, soit en baisse, il se produit fréquemment une oscillation de courte durée, en sens inverse, qui interrompt le mouvement général. « Doit-on attribuer, ajoute M. Plantamour, ces accidents qui se produisent dans les mouvements généraux de l'atmosphère, en partie du moins, à l'influence du relief continental ? Il serait difficile de supposer que cette influence fut absolument insensible, surtout pour une station se trouvant, comme Genève, dans le voisinage presque immédiat de la partie la plus saillante du relief, et séparée par la barrière du Jura des plaines formant la partie occidentale du continent sous ce parallèle. Cette influence est peut-être moindre dans les stations du Nord-Ouest de l'Europe, plus éloignées du massif central, et situées dans une région où le relief est moins accidenté. C'est pourquoi il y aurait, à ce qu'il me semble, un grand intérêt qu'un travail analogue à celui que j'ai fait pour Genève fût exécuté dans d'autres stations. On pourrait comparer ainsi les *maximas* et les *minimas* re-

latifs des oscillations correspondantes, au point de vue de la date à laquelle ils se produisent dans les différentes stations, en ayant égard à la différence de l'heure pour les différents méridiens, et au point de vue de leur amplitude. — Dans la comparaison de l'amplitude il faudrait avoir égard à l'altitude de la station ; ainsi, à Genève, la pression totale est réduite à 0,956 de ce qu'elle serait au niveau de la mer, et l'amplitude des oscillations est réduite par cette cause dans le même rapport. »

3° M. Plantamour présente dans un tableau spécial le résumé, mois par mois, des résultats principaux des variations accidentelles du baromètre, et leurs valeurs moyennes.

L'écart moyen mensuel d'un *maximum* avec la normale est de $3^{mm},26$; celui d'un *minimum* de $4^{mm},47$.

La durée moyenne d'une phase de hausse est de $2^{j},48$; celle d'une phase de baisse est de $2^{j},61$; la variation moyenne en 24 h. est de $3^{mm},07$.

Il y a, dans les mois d'été, un moins grand nombre d'oscillations que dans les mois d'hiver, mais la différence est très-peu considérable.

Les oscillations de courte durée, et dont l'amplitude n'atteint pas la valeur moyenne, ne sont pas, en général, accompagnées d'un changement de temps. La variation du baromètre d'un jour à l'autre ne saurait donc être regardée comme un indice un peu probable de changement de temps, à moins que le mouvement ne continue dans le même sens pendant plus de deux jours, et que la hausse ou la baisse en 24 heures atteigne les chiffres donnés pour chaque mois, chiffres qui ne peuvent s'appliquer qu'à Genève.

4° Un tableau de comparaison des différentes années

entre elles manifeste d'assez grandes différences de l'une à l'autre. L'amplitude moyenne est de 7 à 8 millimètres, les écarts en baisse étant, en général, plus forts que ceux en hausse, et leur durée un peu plus longue.

État hygrométrique de l'air.

La troisième section du Mémoire de M. Plantamour, comprise dans les trois paragraphes 11, 12 et 13, commence par l'étude de la *variation diurne* de la vapeur aqueuse atmosphérique, et de la fraction de saturation de l'air, dans la couche adjacente à la surface du sol.

Les observations ont été faites avec le *Psychromètre*, c'est-à-dire le thermomètre à boule mouillée et le thermomètre à boule sèche, placés à l'ombre en plein air à côté l'un de l'autre. On conclut de la différence de température qu'ils accusent 1° la pression qu'exerce la vapeur d'eau sur la colonne barométrique, ou ce qu'on nomme la *tension* de la vapeur, évaluée en millimètres, et 2° le nombre exprimant l'humidité relative de l'air, en représentant par 1000 sa saturation complète.

Déjà, dans son premier ouvrage sur le *Climat de Genève*, l'auteur avait publié, en 1863, les douze années d'observations de ce genre faites de 1849 à 1860. Il présente, dans le nouveau, un tableau, contenant pour les quinze dernières années, les moyennes mensuelles de la tension de la vapeur aqueuse, observée aux différentes heures paires, sauf pour les trois heures du milieu de la nuit où elles ont été obtenues par les formules d'interpolation; 2° la moyenne des douze premières années et la moyenne générale des vingt-sept années; 3° les constantes de la formule périodique, calculées d'après la moyenne des vingt-sept années, la tension calculée pour chaque

heure d'après ces constantes et la différence avec la tension observée ; 4° enfin, le *minimum* absolu et le *maximum* absolu de la tension observés dans chaque mois.

Un second grand tableau détaillé, contigu et en regard du premier, mois par mois, contient les mêmes données pour la fraction de saturation, ainsi que le nombre de cas où la saturation a été atteinte dans chacun des mois des 15 dernières années.

La formule périodique, calculée d'après les constantes indiquées pour chaque mois, représente très-approximativement la variation diurne de l'état hygrométrique, soit pour la tension de la vapeur, soit pour la fraction de saturation.

On voit, d'après ces chiffres, qu'il existe à Genève, pendant la plus grande partie de l'année, une double oscillation diurne de la tension de la vapeur, les *minimas* ayant lieu au moment le plus chaud du jour et au moment le plus froid de la nuit, et les *maximas* aux deux instants, le matin et le soir, où la température se rapproche de la moyenne. Les mois de novembre, décembre et janvier sont les seuls dans lesquels on trouve une seule oscillation dans le cours des 24 heures, savoir un *maximum* de tension vers le moment le plus chaud du jour et un *minimum* au moment le plus froid. C'est en juin et juillet que le *minimum* de l'après-midi est le plus bas.

La quantité de vapeur d'eau répandue dans les couches voisines du sol doit varier par suite des alternatives de condensation à la surface du sol et d'évaporation du sol. C'est à cette cause qu'on peut attribuer le *minimnm* nocturne de la tension, et son augmentation dans les heures qui suivent le lever du soleil, ainsi que les observations le montrent à toute époque de l'année. La diminution de

la tension au moment le plus chaud du jour tient à ce que la vapeur d'eau est transportée, par les courants ascendants, des couches voisines du sol dans des couches plus élevées, et le *maximum* du soir est dû aux courants descendants qui la ramènent dans les couches inférieures[1]. Le transport de la vapeur d'eau a été démontré par M. Kämtz dans les observations psychrométriques faites sur plusieurs sommets de montagne en Suisse, et elle est confirmée par la variation diurne de la nébulosité du ciel les jours de beau temps en été. La proportion de nuages est alors plus forte au milieu de la journée qu'elle ne l'est le matin et le soir, et cette condensation dans les couches supérieures ne peut être due qu'à une augmentation très-notable de la vapeur d'eau. M. Plantamour estime qu'il serait important, soit pour ce cas, soit pour d'autres, d'avoir un appareil permettant de mesurer la composante verticale des courants atmosphériques, au point de vue du sens et de l'intensité.

L'auteur s'occupe ensuite de la *variation annuelle* de la tension de la vapeur et de la fraction de saturation, en suivant la même marche que pour la température et le baromètre ; il obtient ainsi les formules qui représentent les variations annuelles des deux éléments de l'humidité atmosphérique à Genève.

Le *minimum* de la tension de la vapeur aqueuse sur la colonne barométrique y est de $4^{mm},021$ et a lieu du 31 décembre au 1er janvier;

[1] L'auteur anonyme d'un court article sur le Climat de Genève publié dans le n° du 28 décembre 1876 du Journal anglais *Nature*, p. 187, croit que la diminution de la tension de la vapeur d'eau en été, au moment le plus chaud du jour, doit aussi être attribuée à la brise du lac, dont j'aurai l'occasion de parler plus tard.

Le *maximum*, de 10^{mm},920 a lieu du 29 au 30 juillet.

La valeur moyenne, qui est de 7^{mm},104, correspond, soit du 5 au 6 mai, soit du 22 au 23 octobre.

On voit que l'accroissement de la tension est très-lent à la fin de l'hiver et au commencement du printemps, puisqu'il est de 3^{mm},083 dans un intervalle de 125 jours, tandis qu'il s'écoule seulement 70 jours entre l'époque de la tension moyenne en automne et celle du *minimum*.

La lenteur de l'accroissement, après ce *minimum*, tient à la diminution de la vapeur d'eau amenée par les courants atmosphériques, diminution confirmée, d'un autre côté, par celle de la pluie à la même époque.

La fraction de saturation présente, dans sa variation annuelle, une marche plus compliquée.

Il y a :

un 1er *maximum*, du 2 au 3 janv^{r} de 865,3 ;
(en désignant par 1000 la saturation entière)
un 1er *minimum*, du 28 au 29 avril de 694,2 ;
un 2^{d} *maximum*, du 2 au 3 juin, de 704,5 ;
et un 2^{d} *minimum*, du 21 au 22 juillet, de 677,3.

Les valeurs moyennes, qui sont de 767,9, ont lieu du 9 au 10 mars et du 11 au 12 septembre.

Le 1er *maximum*, qui est le principal, coïncide, à 2 jours près, avec le *minimum* de la tension.

Le 2^{d} *maximum* n'atteint pas la valeur moyenne.

Jusque vers la fin d'avril, l'accroissement de la tension n'est pas assez rapide pour compenser la diminution de l'humidité résultant de l'élévation de la température, et de là vient le 1er *minimum* relatif. Après cette époque, le phénomène inverse se présente ; la quantité de vapeur amenée par les courants atmosphériques s'accroît rapide-

ment, tandis qu'il y a un ralentissement dans l'élévation de la température, ce qui donne lieu à une légère augmentation de la fraction.

Le second *minimum*, qui est le principal, coïncide, à 8 jours près, avec le *maximum* de la tension, et arrive aussi en même temps que le *maximum* de la température.

A partir de ce *minimum*, la fraction de saturation augmente d'abord très-rapidement, et se ralentit ensuite de manière à ce que l'accroissement devienne presque insensible au commencement de novembre ; l'accroissement est deux fois plus lent de la valeur moyenne au *maximum*, que du *minimum* à la valeur moyenne.

D'après l'ensemble des deux éléments qui caractérisent l'état hygrométrique de la couche atmosphérique voisine du sol à l'observatoire de Genève, on peut partager l'année en quatre périodes, savoir : celle du 23 octobre au 10 mars, comprenant 138 jours, pendant laquelle la tension est *au-dessous* de la moyenne et la fraction *au-dessus* de la moyenne ; puis celle du 10 mars au 6 mai, comprenant 57 jours, et que l'on peut désigner comme étant la *saison sèche*, les deux éléments étant *au-dessous* de la moyenne. La période du 6 mai au 12 septembre comprend 129 jours, où la tension est au-dessus, et la fraction de saturation au-dessous de la moyenne. Enfin, la quatrième période comprenant 41 jours, du 12 septembre au 23 octobre, peut-être désignée comme la *saison humide*, les deux éléments étant *au-dessus* de la moyenne ; c'est aussi celle où il tombe à Genève le plus de pluie.

Le paragraphe 13 est consacré à l'examen des variations accidentelles de l'état hygrométrique. M. Plantamour y présente à ce sujet de nouveaux tableaux, et je me bornerai à rapporter les conclusions qu'il en déduit.

L'état hygrométrique varie d'une année à l'autre, soit pour une saison, soit pour l'année entière, dans des limites plus considérables que celles auxquelles on pourrait s'attendre, d'après la variabilité des différents mois.

Si l'on compare les 27 années entre elles, on en trouve six auxquelles on peut attribuer un caractère prononcé de sécheresse, savoir surtout 1870, 1871 et 1874; huit années humides, surtout 1853, 1862 et 1866. Dans les treize autres, l'un des éléments est au-dessus de la moyenne et l'autre au-dessous.

Les valeurs extrêmes de la tension de la vapeur qui se sont présentées dans ces 27 années, ont été $1^{mm},05$ en avril 1875 pour le *minimum*, qui se rencontre le plus souvent en décembre et en janvier; et $20^{mm},34$ en août 1853 pour le *maximum*, qui a toujours lieu en été.

Quant à la fraction de saturation, le plus faible *minimum* enregistré est de 110 en avril 1875; c'est au printemps et en été que se présentent les extrêmes de sécheresse. Le *minimum* 240 de 1860 a eu lieu en deux mois différents, mai et juillet, et celui de 1872, qui a été de 250, s'est présenté dans les trois mois de mars, avril et juin.

Le nombre total de cas de saturation entière enregistrés dans l'année varie beaucoup; il a été de 266 en 1852 et de 254 en 1853, tandis qu'il n'a été que de 76 en 1869 et de 86 en 1871. — Les mois de décembre et de janvier en réunissent entre eux en moyenne 74, soit près de la moitié du nombre total moyen, qui est de 155. L'élévation ou l'abaissement de ce nombre est en rapport direct avec celui des jours de brouillard; au printemps et en été, saisons où le brouillard ne se présente jamais pour ainsi dire, les cas de saturation n'ont lieu qu'après une pluie prolongée.

Le nombre de cas de saturation enregistrés ne se rapporte qu'aux 9 observations bi-horaires faites de 6 h. du matin à 10 h. du soir, et la fraction doit être plus forte dans la nuit. M. Plantamour montre comment on peut la calculer approximativement pour les trois heures de nuit non observées, et il en déduit un tableau plus complet des cas de saturation. Ces cas sont 25 à 26 fois plus nombreux en décembre et janvier qu'en juillet. Leur marche décroissante en avril et mai, et croissante en octobre et novembre, tient à la direction des vents dominants. En moyenne, l'air est saturé pendant environ la 18me partie de l'année.

Valeurs normales des éléments météorologiques pour tous les jours de l'année.

Le paragraphe 14 du mémoire de M. Plantamour comprend la réunion, sur un seul tableau, des valeurs normales des trois éléments météorologiques dont il vient de s'occuper, savoir la température, la pression atmosphérique et l'humidité de l'air, calculés pour tous les jours de l'année. Il lui a suffi de faire le calcul directement de 5 en 5 jours, d'après les formules périodiques représentant les variations de ces éléments, et d'en déduire par interpolation leurs valeurs pour chaque jour. Ce tableau facilite avantageusement la comparaison des caractères diurnes de chaque élément, et présente une sorte de résumé fort commode de tout le travail précédent.

Vents.

Le 4e chapitre des *Nouvelles Études* de M. Plantamour sur le climat de Genève est relatif aux vents, et comprend

les paragraphes 15 et 16, dont le premier a pour objet la recherche de l'intensité relative des différents vents à diverses époques de l'année.

Il n'y a pas à l'Observatoire de Genève d'anémomètre permettant de mesurer la force du vent. Depuis 1847, on a suppléé à une mesure directe, en accompagnant la notation de la direction, de celle des chiffres de 0 à 3, indiquant les degrés divers de l'intensité du vent. L'observation en est faite 9 fois par jour, de 9 heures du matin à 10 heures du soir.

L'auteur présente d'abord un tableau de l'intensité relative moyenne des vents en diverses directions, pour chaque mois, résultant des 29 années d'observations 1847 à 1875.

Les vents locaux jouent un rôle considérable à Genève, en raison de la position élevée de l'observatoire, et de la proximité du lac, situé au Nord-Est de cet établissement.

Dans son premier mémoire sur le *Climat de Genève*, M. Plantamour avait étudié, d'après une moyenne de 15 années, la question de la variation périodique de la direction des vents dans le courant de la journée, en éliminant les jours de forte bise ou de fort vent du Midi, dont le nombre s'élève en moyenne, à environ 90 par an, soit au quart du nombre total. Il avait constaté ainsi que, pendant toute l'année, le rapport des vents du Nord à ceux du Sud est plus petit que l'unité aux heures de la matinée et du soir, où la température du sol est plus froide que celle de l'eau, tandis que ce rapport est plus grand que l'unité aux heures chaudes de la journée, où la température du sol est plus élevée que celle de l'eau. Il a démontré par là que, toutes les fois que l'atmosphère n'est pas agitée par un courant général et prononcé, l'inégalité

de température de l'eau et du sol donne lieu à une *brise du lac*, lorsque le sol est plus chaud, correspondant à un vent du Nord avec le facteur 1 en moyenne, tandis que quand le sol est plus froid que la surface du lac, il se lève une *brise du lac*, qui correspond à un vent du sud.

Il y a quelquefois des anomalies apparentes dans ces résultats, en comparant un mois avec celui qui le précède et celui qui le suit. Elles s'expliquent aisément en tenant compte de la *nébulosité*. Ainsi, en décembre, le rapport des vents du Nord aux vents du Sud est plus petit que l'unité, même aux heures les plus chaudes de la journée, l'eau étant d'environ 5° plus chaude que l'air. Le contraire ayant lieu au printemps et au commencement de l'été, cette circonstance doit favoriser la brise du lac. La nébulosité ayant été, en général, sensiblement plus forte en avril et en mai qu'en mars, cela explique en partie le chiffre élevé du rapport, pour les heures chaudes de la journée, pendant ce mois, comparativement aux deux autres.

M. Plantamour a dressé le tableau de l'intensité relative des différents vents, sur 1000 observations, pour chacune des 29 années. La moyenne manifeste une prédominance des vents du Nord sur ceux du Sud, tenant, en tout ou en partie, à la cause indiquée plus haut, avec des divergences notables entre les différentes années.

Le rapport entre les vents du Nord et ceux du Sud, en réunissant d'un côté ceux du Nord, Nord-Nord-Est et Nord-Est, et de l'autre ceux du Sud, Sud-Sud-Ouest et Sud-Ouest, est en moyenne celui de 513 à 431 ; mais il a été en 1868, de 612 à 360, tandis qu'en 1866, il était de 403 à 561.

L'auteur s'est occupé, dans le paragraphe 16, des *jours*

de forte bise et de fort vent du Midi, en désignant comme tels ceux représentés, toute la journée, par les chiffres 2 ou 3. Il résulte des tableaux mensuels relatifs, soit aux 15 premières années, soit à l'ensemble des 29, qu'il existe une variation annuelle très-caractérisée dans l'intensité relative du courant Nord ou polaire et du courant Sud ou équatorial. Dans la saison froide, de novembre à mars inclusivement, le courant polaire l'emporte d'une manière très-marquée, le rapport étant, en moyenne, pendant ces cinq mois, celui de 1,30 à 1. Dans la saison chaude, au contraire, d'avril à octobre inclusivement, c'est le courant équatorial qui l'emporte, le rapport en moyenne, pendant ces sept mois, est celui de 0,70 à 1. La moyenne annuelle donne une légère prédominance au courant équatorial.

La prédominance du courant polaire pendant l'hiver, et au mois de mars, explique la lenteur de l'accroissement de la tension de la vapeur au commencement du printemps ; celle du courant équatorial en automne rend compte de la lenteur avec laquelle cette tension diminue en septembre et octobre : d'octobre en novembre, il y a, dans la direction du vent dominant, une interversion brusque et très-marquée, qui est en rapport avec la variation de l'état hygrométrique.

On peut s'attendre à ce que, dans l'année, l'atmosphère soit fortement agitée pendant 86 jours, dont 42 par un courant polaire et 44 par un courant équatorial ; mais il y a d'une année à l'autre des différences très-considérables. En 1859 et 1860 on compte respectivement 125 et 134 jours, soit plus d'un tiers de l'année, où le vent soufflait avec force, tantôt du Nord, tantôt du Sud ; tandis qu'on n'en compte que 35 et 45, soit un jour sur neuf, en 1872 et 1873. Le rapport des jours de forte bise à ceux de

fort vent du midi dans l'année, est très-variable aussi. Il a été :

En 1864	de 1,9 à 1	En 1849	de 0,61 à 1
« 1868	2,7 à 1	« 1856	0,54 à 1
« 1870	2,3 à 1	« 1859	0,60 à 1
« 1871	1,8 à 1	« 1860	0,52 à 1
« 1874	1,8 à 1	« 1866	0,42 à 1

De la Nébulosité.

M. Plantamour a jugé à propos de traiter cette partie de la météorologie avec le même soin et le même détail que les précédentes, en s'occupant d'abord, dans le paragraphe 17, de la variation diurne de la nébulosité, et dans le 18e de sa variation annuelle et du brouillard.

Les observations de ce genre se font par une simple estimation à la vue, en exprimant par une fraction décimale la partie du ciel couverte par des nuages.

L'auteur a réuni dans un tableau, pour chaque mois de l'année, en millièmes de l'unité, le degré moyen de nébulosité pour chacune des neuf observations diurnes, de 6 h. du matin à 10 heures du soir, soit d'après les 15 premières années d'observation, de 1847 à 1861, comprises dans son 1er travail sur le *Climat de Genève*, soit d'après les 14 dernières années, de 1862 à 1875, soit, enfin, d'après l'ensemble des 29 années.

L'examen de ce tableau montre, pour quelques mois, une différence très-considérable du degré de nébulosité entre les deux séries, surtout pour les mois de mars, avril, mai et septembre. La différence entre les deux séries est la même pour ces quatre mois, à des écarts insignifiants près. La nébulosité n'est pas modifiée seulement

par des circonstances locales, qui seules peuvent donner lieu à une variation diurne; elle l'est très-souvent aussi par des causes extérieures, telles que les courants atmosphériques, dont l'effet peut masquer la variation diurne due aux causes locales.

M. Plantamour a calculé, d'après les données du tableau, les formules représentant la variation diurne de la nébulosité pour chaque mois, et elles lui ont servi à dresser un autre tableau de cette variation, heure par heure, dans chaque mois.

Il résulte de l'inspection de ce dernier tableau, qu'il y a, suivant la saison, de très-grandes différences dans cette variation. Le seul trait commun est l'augmentation de la proportion de nuages qui a lieu, pendant toute l'année, par suite du refroidissement nocturne. L'heure du *maximum* de nébulosité, produit par le froid de la nuit, varie dans le courant de l'année d'une manière analogue à celle du *minimum* de la température ; elle a lieu, à 8 h. du matin en hiver, et à 5 h. du matin en été. Mais, tandis qu'en hiver et dans les mois d'octobre et de novembre, ce *maximum* de nébulosité est très-prononcé et le seul dans les 24 heures, en été, ainsi qu'en avril et mai, il est moins prononcé qu'un second *maximum* qui a lieu dans l'après-midi. En mai et juin la nébulosité est plus forte à 5 h. du matin qu'avant et après, tout en restant un peu au-dessous de la moyenne des 24 h. Les heures les plus claires de la journée, d'octobre à février inclusivement, sont celles de l'après-midi de 3 à 6 heures, tandis que d'avril à août inclusivement, ce sont celles où la nébulosité est la plus grande. Le *maximum* a lieu vers 4 heures de l'après-midi en avril, à 6 heures en mai et juin, à 5 h. en juillet et août. Les heures les

plus claires à cette époque sont celles du commencement de la nuit et celles de la matinée de 8 à 10 h. Cela ne peut être expliqué que par le transport de la vapeur d'eau, entraînée par les courants ascendants des régions inférieures de l'atmosphère aux supérieures.

M. Plantamour étudie ensuite la *variation annuelle de la nébulosité*. Il réunit dans ce but, en un nouveau tableau, les résultats obtenus pendant chacune des 29 années, pour la nébulosité moyenne de chaque mois, de chaque saison et de l'année entière, en y joignant la moyenne des 29 années, les erreurs moyennes et les écarts moyens.

Les moyennes inscrites au bas de chaque mois, dans ce tableau, accusent une diminution très-prononcée de la nébulosité de l'hiver à l'été, entre le *maximum* de 0,827 au mois de décembre, et le *minimum* de 0,436 en juillet, avec une variation assez régulière d'un extrême à l'autre; mais il y a des écarts considérables, d'une année à l'autre, dans la nébulosité du même mois, surtout au printemps et en automne. Ainsi la nébulosité était seulement, en moyenne, de 0,31 en mars 1854, et elle a été de 0,81 en mars 1867;

Elle était de 0,32 en avril 1861, et de 0,79 en avril 1847
de 0,34 en mai 1871, et de 0,81 en mai 1853
de 0,13 en sept. 1865, et de 0,71 en sept. 1860

L'auteur a comparé la nébulosité résultant des 29 années d'observation, avec celle provenant des 15 premières années. Le mois de mars a été notablement plus clair lors de cette première série; avril, mai et septembre ont été au contraire beaucoup plus nébuleux. Il est donc possible que, pour ces mois, l'erreur moyenne ne représente pas complétement l'incertitude réelle. Dans

les trois premières saisons, les écarts d'une année à l'autre ne sont pas supérieurs à ceux auxquels on pouvait s'attendre, par une compensation probable de ceux des différents mois. Il n'en est pas de même pour l'automne et même pour l'année entière, d'où l'on peut conclure que les circonstances accidentelles tendant à modifier le degré moyen de nébulosité, en plus ou en moins, peuvent s'étendre au delà d'un mois et même, dans quelques cas, pendant une grande partie de l'année. Le degré moyen annuel est de 0,623; il a été de 0,718 en 1853, et seulement de 0,551 en 1874. La nébulosité atteint son *maximum* au milieu de décembre; elle diminue rapidement à la fin de l'hiver et au commencement du printemps, et demeure à peu près stationnaire en avril et mai, ce qui s'accorde avec l'augmentation de la fraction de saturation à la même époque. Elle atteint son *minimum* à la fin de juillet et au commencement d'août, et augmente rapidement en septembre et octobre, ce qui s'accorde aussi avec l'augmentation de la fraction de saturation.

En appelant *clairs*, les jours où la fraction de nébulosité est plus petite que 0,25,

Jours *peu nuageux* celle où elle est entre 0,25 et 0,50
« *très-nuageux* celle où elle est entre 0,5 et 0,75
« *couverts* ceux où elle est supérieure à 0,75.

Le tableau qu'en donne M. Plantamour d'après les 29 années, fait voir qu'il y a à peine, en décembre, un jour entièrement clair; il n'y en a point eu dans dix années de la série, et le *maximum* a été de trois seulement, tandis que le *maximum* de jours couverts, dans ce mois, a été de 29, et le *minimum* de 18.

C'est en septembre 1865 qu'on trouve le *maximum*

25, de jours clairs; il n'y a pas eu de jours couverts en ce mois, non plus qu'en septembre 1854.

Le nombre moyen de jours clairs dans l'année a été de 67, ayant varié de 93 à 36; celui des jours couverts a été, en moyenne, de 164, et a varié de 211 à 130.

Jours de brouillard.

M. Plantamour termine le paragraphe 19 de son mémoire par la recherche du nombre de jours de brouillard à Genève, c'est-à-dire des jours où la surface inférieure de la couche de nuages s'y est abaissée jusqu'au niveau du sol.

Pour cela, il a pris la moyenne des jours de brouillard enregistrés dans les divers mois des 29 années d'observation, et en a conclu leur nombre moyen en chaque saison et dans l'année entière. Son tableau comprend aussi les nombres *maxima* et *minima* de jours de brouillard, pendant cette période, dans chaque mois, dans chaque saison et dans l'année.

Il résulte de ce tableau que, d'avril à août inclusivement, le brouillard est à Genève un phénomène rare, qui ne se présente pas une fois, en moyenne, dans chacun de ces mois ; c'est à la fin de l'automne et en hiver qu'il est le plus fréquent; mais il y a, d'une année à l'autre, de grandes différences sous ce rapport. C'est en décembre qu'il y en a le plus: la moyenne est de 8^{j},2 dans ce mois, mais on en a compté 18 jours en 1849, tandis qu'il n'y en a point eu en 1847 et 1859. Pour l'hiver, le nombre de jours de brouillard a varié de 44 à 5, le nombre moyen étant de 19,1. Pour l'année entière, la moyenne est de 32^{j},8 avec variation de 39 à 14. Sur ces nombres

de jours, il s'en trouve le tiers environ où le brouillard règne avec intensité pendant toute la journée; pour les deux autres tiers, il ne dure qu'une partie du jour; quelquefois seulement une ou deux heures, comme cela a lieu au printemps et en été [1].

De la pluie.

J'arrive, enfin, à la dernière partie des *Nouvelles Études* de M. Plantamour, à celle relative à la pluie et aux orages, qui comprend les paragraphes 19 à 21 de l'ouvrage et en occupe 30 pages.

L'auteur y présente d'abord des tableaux du nombre des jours de pluie dans chaque mois des 50 années 1826 à 1875, de la quantité d'eau recueillie, de leur somme annuelle, de la moyenne des 50 années, et de l'écart moyen de chaque année relativement à la moyenne générale. Les années sont comptées à partir du mois de décembre de l'année précédente.

On n'a pas distingué, dans ces tableaux, l'eau tombée sous forme de neige ou de pluie.

Les chutes de neige sont, en général, peu abondantes à Genève, et la neige y recouvre rarement le sol plus d'une quinzaine de jours. Dans les dix premières années, l'udomètre était divisé en lignes du pied de Paris qu'on a converties en millimètres. Dans les dix suivantes, on s'est servi d'un autre, divisé en millimètres, et où la fraction

[1] D'après Guillaume-Antoine Deluc, le nombre des jours de pluie par an à Genève serait de 128, ou du tiers de l'année, et celui des jours de temps clair de 83, et celui des jours à moitié clairs de 189. Le nombre moyen des jours de brouillard dans l'année serait de 26. Il n'y en a eu que 17 en 1786, mais il y en a eu 42 en 1785 et 46 en 1779.

était obtenue par estimation. Depuis 1846, on a employé un nouvel appareil, dont l'entonnoir avait un diamètre beaucoup plus considérable, de 37 centimètres. Le vase de jauge est une éprouvette graduée de la capacité d'un litre, portant 100 divisions, ce qui correspond à une chute d'eau de 10 millimètres; chaque division donne ainsi les dixièmes de millimètres, et on a eu soin de recueillir et de mesurer l'eau immédiatement après que la pluie a cessé. Pendant les premières années, les neuf à dix jours par an où il n'est tombé que 1 à 2 dixièmes de millimètre en 24 heures ont dû passer inaperçus, et le nombre des jours de pluie notés dans les 10 à 15 premières années est trop faible; mais l'incertitude sur la quantité d'eau tombée est tout à fait insensible.

D'après ces tableaux, il y a en moyenne, à Genève, 122 $^1/_2$ jours de pluie par an, et la quantité d'eau de pluie et de neige y est en moyenne de $815^{mm},93$. Les cinq mois de décembre à avril sont, en moyenne, les moins pluvieux, tandis que ceux de mai à août, septembre et octobre, le sont le plus. Mais les différences d'une année à l'autre, pour la quantité de jours de pluie et pour la quantité d'eau tombée dans un mois, sont très-considérables. Pour plusieurs mois, en particulier, l'écart moyen dépasse la moitié de la quantité moyenne de pluie. Les plus petites chutes annuelles ont été de $535^{mm},5$ en 1832, de 554,3 en 1837 et de 561,6 en 1874, tandis que les plus grandes ont dépassé 8 fois un mètre, le *maximum* ayant été de $1086^{mm},7$ en 1872.

D'après la Notice que j'ai publiée dans le nº de janvier 1843 de la *Bibliothèque universelle*, j'avais trouvé pour la moyenne annuelle résultant des 60 années 1782 à 1842 (l'année 1787 manquant): 30 pouces 7

lignes (ancienne mesure française) soit 827^{mm},9 ; valeur assez rapprochée, comme on voit, de celle obtenue par M. Plantamour. Il y a encore de plus grands écarts dans les extrêmes, la chute annuelle de pluie et de neige n'ayant été que de 410^{mm},5 en 1822, et de 527,8 en 1815 : tandis qu'elle a été de 1^{m},230 en 1783.

M. Plantamour remarque que la variabilité dans les chutes de pluie ne s'écarte pas sensiblement, pour l'année entière, de celle à laquelle on pouvait s'attendre, d'après la variabilité dans les différents mois. Il a comparé, entre elles, les moyennes de périodes de cinq années, ou de lustres, et il a cherché aussi la modification introduite dans la moyenne des 35 premières années par l'adjonction des 15 dernières. La comparaison des périodes lustrales entre elles n'est point favorable à l'hypothèse de séries successives d'années sèches et d'années humides.

L'adjonction des 15 dernières années a modifié en moins, de 8^{mm} seulement, pour la quantité totale de pluie dans l'année, la moyenne des 35 années antérieures, tandis que la différence probable s'élève à près du double. L'eau tombée en mars dans ces 15 années dépasse notablement celle tombée dans le même mois pendant les 35 années antérieures, tandis qu'il en est tombé notablement moins en mai, septembre et novembre.

Il résulte de cette discussion, que si l'on peut regarder, pour la plupart des mois, les moyennes obtenues par la série de 50 années comme exactes, dans des limites d'incertitude qui sont données par l'erreur moyenne, et si la même conclusion peut s'appliquer à la quantité totale de pluie dans l'année, il y a quelques mois pour lesquels l'incertitude peut dépasser les limites de l'erreur moyenne calculée. On peut ainsi s'attendre à ce que l'adjonction

d'une nouvelle série modifie la moyenne de pluie pour ces mois, d'une quantité supérieure à l'erreur moyenne indiquée ; ces mois sont ceux de mars, mai, septembre et novembre.

L'auteur a cherché à déterminer les formules périodiques représentant la variation annuelle de la fréquence et de l'abondance de la pluie, et il montre, par la comparaison des résultats observés et calculés, que ces formules représentent très-exactement la marche de ces deux éléments.

En calculant, d'après ces formules, les époques des *maximas* et des *minimas*, on constate que l'année est partagée à Genève, au point de vue de la distribution de la pluie, en deux saisons sèches et deux saisons humides. La première et la plus longue saison sèche, qui dure 132 jours, comprend l'hiver et le commencement du printemps, le *minimum* de la fréquence tombant sur le 12 février et le *minimum* de l'abondance sur le 25 du même mois. La seconde saison sèche comprend les mois de juillet et d'août, et dure seulement 64 jours, le *minimum* de la fréquence tombant sur le 1er août et celui de l'abondance sur le 22 juillet. Le *minimum* de juillet est encore un peu au-dessus de la valeur moyenne de l'abondance, qui correspond au 30 avril et au 23 novembre. Pour la fréquence de la pluie, au contraire, le *minimum* de l'été s'abaisse autant que celui de la fin de l'hiver au-dessous de la moyenne. Comme l'intensité de la pluie est sensiblement plus forte en été qu'en hiver, une diminution égale dans le nombre des jours de pluie n'en amène pas une égale dans la quantité d'eau tombée.

La saison humide du printemps, qui dure 85 jours et comprend presque tout le mois d'avril et les mois de mai

et de juin, atteint son *maximum* le 19 mai pour la fréquence, et le 2 juin pour l'abondance. La saison humide d'automne, qui dure 84 jours, et comprend les mois de septembre, d'octobre et presque tout le mois de novembre, atteint son *maximum* le 10 octobre, pour la fréquence, et le 29 septembre pour l'abondance.

La division à Genève de l'année en deux saisons humides et deux saisons sèches, l'une de celles-ci tombant sur l'été, accuse très-nettement, d'après M. Plantamour, l'influence du climat méditerranéen, dont le caractère est la sécheresse de l'été, tandis que, dans les autres régions de l'Europe continentale, l'été n'est pas une saison sèche.

Pour compléter les données relatives à la durée de la pluie, il est nécessaire de noter le nombre d'heures pendant lesquelles elle a eu lieu. Cela a été fait à Genève, à partir de 1861, et M. Plantamour en donne, dans un tableau spécial, le relevé par mois et par année, pour les 15 années 1861 à 1875.

Ce tableau manifeste, d'une année à l'autre, d'énormes divergences dans le nombre d'heures de pluie pour le même mois. Ainsi, par exemple, en janvier, ce nombre a été nul en 1861 et de 141 heures en 1867; en octobre il a été de 28 en 1869 et de 148 en 1870, etc. Mais il est facile de voir, par les moyennes inscrites au bas de chaque mois, que dans la saison chaude, surtout en juillet et août, le nombre d'heures de pluie est sensiblement moindre que dans la saison froide et surtout en automne. Ainsi, il tombe en été, pendant un moindre nombre d'heures, une quantité d'eau notablement plus forte, comme le constate un autre tableau. En juillet et août, la hauteur de l'eau tombée en une heure est de $1^{mm},9$, tandis qu'en février elle est seulement de $0^{mm},65$.

L'intensité moyenne de la pluie pendant l'année, soit le rapport de la chute totale de pluie au nombre total d'heures de pluie, varie fort peu d'une année à l'autre, les valeurs extrêmes étant $1^{mm},32$ en 1861, et $1^{mm},04$ en 1874.

M. Plantamour estimant que la pluie indique la saturation de l'air dans les couches supérieures de l'atmosphère, a comparé, dans un autre tableau, la durée relative de cette saturation, mois par mois et dans l'année, comparée à celle déterminée près de la surface du sol. Il en a tiré la conclusion, qu'en hiver la saturation arrive beaucoup plus fréquemment dans les couches inférieures que dans les supérieures, de sorte que l'air est alors relativement plus sec dans ces dernières. Le contraire a lieu dans les autres saisons, et en moyenne dans l'année.

L'auteur a donné ensuite des tableaux de la répartition, sous le rapport de l'abondance de la pluie, des mois et des années en quatre catégories, comprenant les mois *très-secs* et *secs*, *humides* et *très-humides,* et il discute, à plusieurs points de vue, les données renfermées dans ces tableaux.

Il examine d'abord si l'influence des circonstances accidentelles tendant à rendre un mois tantôt sec, tantôt humide, se prolonge *en moyenne* au delà de la durée d'un mois. Si une pareille prolongation, dit-il, peut être constatée dans un certain nombre de cas, et même pendant une période de plusieurs mois, les résultats des observations de ces 50 années, à Genève, montrent qu'elle ne se présente pas plus fréquemment que la probabilité *à priori* ne le comporte ; la différence donnée par le nombre réel des cas n'étant que de un soixantième plus grande que cette probabilité.

Ue autre point de vue est celui de la proportion du nombre des mois des quatre catégories que renferme chacune des 50 années. On peut les répartir en quatre classes, savoir :

13	années très-sèches	où la moyenne de pluie a été de			627mm,3
12	»	sèches	»	»	745mm,5
13	»	humides	»	»	880mm,2
12	»	très-humides	»	»	1021mm,1

C'est la proportion de mois très-humides qui varie le plus de l'une des classes à l'autre. Il y en a environ 1 $^1/_2$ dans la première, 2 dans la seconde, 3 $^1/_2$ dans la troisième et 4 $^1/_2$ dans la quatrième. Même dans les années très-humides, le nombre de mois très-secs, qui est de près de 2 $^1/_2$, dépasse légèrement celui qu'on trouve dans les années humides.

Il y a des séries d'années dans lesquelles il y a prédominance, tantôt d'années sèches, tantôt d'annés humides. Ainsi, il y a :

				Années très-sèches	sèches	humides	très-hum.
dans les	12	années de	1826-1837	5	3	4	0
»	19	»	1838-1856	1	4	7	7
»	9	»	1857-1865	5	1	2	1

Les 10 dernières années ne montrent guère de prédominance dans l'un ou l'autre sens, car elles renferment deux années très-sèches, quatre années sèches et quatre années très-humides. L'hypothèse d'une périodicité d'années sèches et d'années humides n'est pas conforme aux résultats des observations.

M. Plantamour ne pouvait avoir connaissance, lors de la publication de son dernier travail sur le climat de Genève, de recherches récentes de M. Meldrum, directeur de

l'observatoire de Port-Louis, dans l'île Maurice, tendant à démontrer l'existence d'une période pluviale, analogue à celle des taches du soleil et des variations magnétiques.

Le numéro du 9 mars 1876 des *Proceedings*, ou Bulletins des séances de la *Société royale de Londres*, renferme l'extrait d'un mémoire de ce savant, dans lequel il prouve, d'après les observations faites dans la Grande-Bretagne, sur le continent d'Europe, en Amérique, dans l'Inde et en Australie, que la pluie est plus abondante, lors des *maximas* de la période des taches, qu'à l'époque des *minimas*, et que la différence moyenne annuelle, en pouces anglais, est de $5^p,19$. Il pourrait en résulter, remarque-t-il, quelque moyen d'annoncer à l'avance les années de sécheresse ou d'humidité. M. Meldrum est disposé à attribuer cet effet à une variation séculaire dans l'intensité de la chaleur solaire, et il rapporte une assertion de sir Georges Airy (citée dans le volume 12 du journal anglais *Nature*, p. 188) que la radiation solaire est plus grande dans les années les plus pluvieuses.

Il est assez curieux que cette période des taches solaires, de 11 ans $^1/_{10}$, qui a fait l'objet des recherches si assidues de M. Rodolphe Wolf de Zurich, se lie à un si grand nombre de phénomènes de physique terrestre; car M. Wolf a montré que les aurores boréales étaient régies par la même période, et les observations météorologiques d'Oxford ont fait voir à MM. Baxendell et Main que la direction moyenne annuelle du vent dans cette station, déduite des observations diurnes bihoraires, suit une marche périodique évidemment liée à celle des taches, cette direction étant la plus occidentale lors du *maximum*

de taches, et la plus méridionale vers l'époque de *minimum*[1].

M. Albert Lancaster, météorologiste inspecteur à l'observatoire de Bruxelles, vient de publier, dans le numéro de mai 1877 des *Bulletins de l'Académie royale de Belgique*, un mémoire sur la périodicité des hivers doux et des étés chauds, qu'il trouve succéder, à court intervalle, aux époques de *minima* des taches de soleil, en se fondant essentiellement, dans son travail, sur les observations thermométriques faites depuis 1833 à l'observatoire de Bruxelles. L'auteur a bien voulu y citer en note une recherche que j'avais faite sur le même sujet en 1844 (voyez *Annales de chimie et de physique*, t. XII, p. 57). Les observations d'Europe m'avaient amené à la même conclusion que lui, mais celles d'Amérique ne l'avaient pas confirmée, et dans le cas de l'hiver dernier, très-doux à l'Occident de l'Europe, il a fait très froid aux États-Unis et en Russie. M. Lancaster paraît disposé à attribuer une bonne partie des variations de nos climats à l'influence du *Gulfstream*, et il remarque que, s'il amène de la chaleur dans nos régions occidentales d'Europe, il doit y avoir des contre-courants froids sur les côtes orientales de l'Europe et de l'Asie. Le sujet est intéressant, mais il a besoin d'être encore étudié.

Le paragraphe 21 et dernier du travail de M. Plantamour, est relatif aux *jours d'orage*, et il est fort court. L'auteur désigne ainsi les jours où le tonnerre a été entendu, et il présente un tableau du nombre de ces jours, par mois et par année, soit dans les 14 dernières années 1862 à 1875, soit dans les 16 années antérieures, et dans la somme des deux séries.

[1] Voyez *Archives*, n° de septembre 1871, t. XLII, p. 20.

On voit par ce tableau que, de novembre à mars inclusivement, le tonnerre est un phénomène rare à Genève. C'est en décembre qu'il l'est le plus. Les trois mois d'été donnant à eux seuls le plus fort contingent des jours de tonnerre, plus de cinq en moyenne par an. Il y en a en moyenne 25 par an. Les valeurs extrêmes dans ces 30 ans sont de 26 jours de tonnerre en 1858 et de 36 en 1868.

L'auteur ne s'est pas occupé des grands orages qui ont, de temps en temps, causé des ravages dans nos environs, et il ne me paraît pas inutile d'ajouter ici quelques détails sur les principaux dont j'ai eu connaissance.

Le plus ancien, sur lequel j'aie eu des renseignements, est celui de la nuit du 11 au 12 juillet 1783, qui eut lieu par un temps calme, avec un baromètre assez élevé, et qui excita le plus grand effroi. D'après des notes que j'ai citées dans mon article de janvier 1843, la continuité et la force des tonnerres, précédés d'éclairs d'un éclat extraordinaire et accompagnés de torrents de pluie, représentèrent, pendant au moins trois heures, le feu roulant de la plus grosse artillerie. L'intervalle des éclats était de moins de 12 secondes. On a compté 40 chutes de foudre, dont 8 sur des édifices de la ville. Il y a eu, ajoute-t-on, des bestiaux et des bergers tués. On se croyait à la fin du monde.

45 ans plus tard, dans la soirée du 27 mai 1827, a éclaté encore un très-fort orage à Genève et dans son voisinage. La quantité de pluie tombée en trois heures à l'observatoire météorologique a été de six pouces, soit 162 millimètres; mais quelques personnes ont affirmé qu'il était tombé, dans certaines localités, jusqu'à 12 pouces d'eau[1]. Il y a eu momentanément aux Eaux-Vives,

[1] Voyez le tableau et la notice p. 85 du t. XXXV de la *Bibliothèque Universelle*, Sc. 1827.

dans la banlieue de Genève, une accumulation de près de 4 $^1/_2$ pieds d'eau. Les vignes ont particulièrement souffert de la pluie et de la grêle, et on a estimé les dommages, dans un fort petit arrondissement, à plusieurs centaines de mille francs. Le vent était peu violent et le baromètre s'est à peu près maintenu à sa hauteur moyenne. Il y a eu d'assez forts tonnerres. La colonne de pluie partie de Vevey s'est déversée sur les deux rives du Léman.

Nous avons eu encore, il y a deux ans, vers le milieu de la nuit du 8 au 9 juillet 1875, un violent orage d'éclairs continus et de forte grêle, qui, en peu de minutes a exercé des effets désastreux dans 40 communes du canton de Genève. M. François Demole, dans un rapport détaillé présenté à la Classe d'agriculture de notre Société des Arts, et inséré dans le n° du 2 juin 1876 du *Cultivateur de la Suisse romande,* évalue la perte totale pour les cultures à 3,402,452 francs, sans y tenir compte des dégâts aux arbres fruitiers, ni des vitres et des tuiles brisées. Les détails suivants sont extraits du compte rendu qu'en a donné M. Plantamour p. 349 du t. LIII des *Archives.*

Depuis 11 h. $^1/_2$ du soir, les éclairs et les tonnerres se succèdent presque sans interruption. A minuit et un quart a lieu une chute de grêle qui a duré un quart d'heure. L'abondance était telle que le sol était entièrement recouvert au moment même et le lendemain matin. En quelques endroits, près de 48 heures après, les grêlons accumulés n'étaient pas entièrement fondus, malgré une température élevée et une pluie presque continuelle. Le volume des grêlons atteignait des proportions rares dans nos latitudes, et un vent violent d'Ouest les transformait en véritables projectiles, brisant tout sur leur passage.

Ceux de la grosseur d'une noix, d'un œuf de pigeon et même d'un œuf de poule n'étaient pas rares. Le lendemain encore, on en ramassait de six centimètres dans leur plus grande dimension, il y en eut même de près d'un décimètre. La plupart avaient la forme d'un disque arrondi, ou ovale, terminé par deux surfaces, l'une à peu près plane, l'autre bombée, comme le serait une lentille plano-convexe.

Le noyau des grêlons était ordinairement opaque, entouré de couches de glace, alternativement transparentes et semi-transparentes ; dans quelques cas, des stries, partant du noyau, rayonnaient vers la surface. Pendant la chute, il y avait plusieurs éclairs par seconde, le ciel était embrasé, sans qu'on put distinguer le roulement continu du tonnerre du bruit causé par l'ouragan et la chute des grêlons. J'ajoute à ces détails, qu'on n'a pas signalé alors, à ma connaissance du moins, que la foudre soit tombée dans nos environs, pendant ce terrible orage. Le baromètre n'était alors que de deux millimètres au-dessous de sa hauteur moyenne. Le *maximum* de la température était de 25°,6 le 8 juillet et de 20°,5 le 9. La quantité d'eau recueillie le 8 dans les 24 h. à l'observatoire a été de 38,3 millimètres ; celle recueillie le 9 a été de 7^{mm},3[1].

Je dois noter encore, en fait de fortes et rapides chutes de pluie, à Genève, qu'il en est tombé : le 9 juin 1783, vers 3 h. du soir, près de 18 lignes en $^1/_2$ heure ; le 23 mai

[1] Un orage, accompagné de grêle, aussi désastreux que celui de juillet 1875 à Genève, a frappé le 5 juin 1877 quelques districts du canton de Vaud, près d'Yverdon, et quelques communes du canton de Fribourg. Le vent y a été encore plus violent, et a renversé et déraciné un grand nombre d'arbres. De telles espèces de trombes ou de cyclones sont heureusement fort rares dans nos contrées.

1800, 7 $^1/_2$ lignes en 10 minutes, les 20 et 21 décembre 1841, 6 $^1/_2$ pouces en 48 heures.

Tout récemment, en mai 1877, il est tombé,
les 11 et 12 du mois 64,1 millimètres de pluie;
» 30 » 31 » 67,8 »
et la chute totale du mois a été de 222^{mm},3.

L'analyse que je viens de faire de la nouvelle Étude de M. Plantamour sur le climat de Genève me semble propre à constater que cette étude constitue un travail considérable, fait avec le plus grand soin, qui devra servir de fondement à tout ce qui pourra être effectué depuis dans la même station, et de point de comparaison très-avantageux avec ce qui sera fait ailleurs. Elle ne contient pas moins de 68 tableaux, dont un bon nombre occupe plusieurs pages de format in-4°. L'auteur s'y est spécialement attaché à déterminer, d'après les lois de probabilité, les valeurs moyennes des éléments météorologiques résultant de l'ensemble des observations, et les écarts que subissent ces valeurs, afin d'apprécier le degré de confiance qu'on doit leur accorder, et de voir s'il existe des périodes dans les variations de ces éléments. M. Plantamour continue à publier, chaque année, dans les *Archives*, un résumé détaillé des observations de l'année précédente, de sorte que les matériaux s'accumulent, et pourront être repris de temps en temps, comme il l'a fait déjà, pour arriver à des résultats embrassant encore un plus grand nombre d'années.

DÉTERMINATION DE LA VITESSE DE LA LUMIÈRE

ENTRE

L'OBSERVATOIRE DE PARIS ET MONTLHÉRY

PAR

M. A. CORNU

Annales de l'Observatoire de Paris (Memoires, tome XIII, Gauthier-Villars, 1876.)

M. Cornu a été chargé en 1874 par le Conseil de l'Observatoire de Paris d'effectuer une mesure directe de la vitesse de la lumière, et il a publié dernièrement les résultats de ses beaux travaux sur ce sujet.

M. Cornu a eu dès l'abord à choisir entre la méthode de Foucault (miroirs tournants) et celle de Fizeau (roue dentée), et s'est arrêté à cette dernière, après de nombreuses recherches préliminaires et une étude approfondie des causes d'erreurs particulières à chacune de ces deux méthodes. Les principales raisons qui l'ont déterminé à rejeter la méthode de Foucault sont la petitesse des déviations, le peu de netteté des images et l'incertitude théorique sur les lois de la réflexion dans les milieux en mouvement rapide.

Le principe de la méthode de Fizeau est, comme on sait, le suivant. On lance un rayon de lumière entre les dents d'une roue dentée, et on le fait réfléchir à une très-grande distance, de manière à le ramener exactement au point de départ. Si le mouvement de rotation de la roue

présente une rapidité convenable, la lumière, au retour, rencontre une dent au lieu d'un vide et se trouve arrêtée; pour une vitesse double la lumière rencontre le vide suivant et passe de nouveau; pour une vitesse triple la lumière est encore arrêtée, etc. On trouve facilement $V = \frac{4\,DNm}{2\,n - 1}$, V étant la vitesse de la lumière, D la distance entre les deux stations, N le nombre des dents de la roue dentée, m le nombre de tours exécutés par elle en une seconde, $2\,n - 1$ le nombre de demi-dents qui ont passé pendant le trajet de la lumière (n est donc l'ordre de l'extinction).

La première partie du mémoire de M. Cornu est consacrée à la discussion théorique de cette méthode. Il y reconnaît, en particulier, la possibilité d'atténuer indéfiniment l'influence des erreurs personnelles dans l'appréciation de l'intensité lumineuse du rayon de retour; cette influence est en raison inverse de l'éclat intrinsèque et du facteur $2\,n - 1$. Ce théorème toutefois n'est pas rigoureusement démontré si les observations ont lieu aux moments précis des extinctions, ce qui a conduit M. Cornu à faire usage d'un mode d'observations doubles, consistant à noter les deux vitesses successives de la roue dentée qui produisent l'extinction et la réapparition apparentes de la lumière de retour, sur le champ toujours un peu éclairé de la lunette. Les conditions les plus favorables sont donc que l'éclat E de la lumière soit aussi grand que possible, ainsi que $2\,n - 1$. Or la formule ci-dessus donne $2\,n - 1 = \frac{2\,DN\,\omega}{\pi\,V}$, ω étant la vitesse angulaire de la roue dentée. Il faudra donc donner à D, N et ω les plus grandes valeurs qu'ils comportent. Pour D on est limité

par les circonstances météorologiques et la configuration du terrain. Pour N et ω on est limité par les résistances passives de la machine, lesquelles croissent dans des proportions énormes quand on fait croître la vitesse ou les dimensions des mobiles, à tel point que pour une force motrice donnée la diminution relative de la vitesse angulaire maximum qu'on peut donner à la roue devient bientôt plus grande que l'accroissement relatif du diamètre, et la vitesse de la circonférence diminue de plus en plus. L'influence d'une erreur personnelle dépend encore de la dérivée de la fonction qui lie l'intensité du rayon de retour à la vitesse de rotation de la roue dentée. M. Cornu étudie la forme de cette fonction qui dépend en particulier du rapport k du plein d'une dent à la dent complète. Il trouve que sa dérivée est indépendante de k, et se réduit à la fraction h de la lumière envoyée qui revient au point de départ. Le rapport k n'influe que sur la délicatesse des observations, parce que les deux intensités égales qu'on observe correspondent à des vitesses ω et ω' d'autant plus différentes que k s'éloigne plus de $1/2$, et l'observation sera d'autant plus précise que cette variation de vitesse sera plus petite.

M. Cornu examine ensuite les causes d'erreurs résultant de ce que les conditions théoriques ne sont pas exactement réalisées par les instruments.

On a supposé d'abord une roue dentée d'une perfection complète et tournant d'un mouvement uniforme. Mais en réalité la roue offre quelques petites imperfections de forme, les unes absolument fortuites, les autres systématiques. Une étude complète des erreurs fortuites de denture, supposées d'ailleurs très-petites, lui montre que ces erreurs n'altèrent pas le phénomène, si ce n'est aux in-

stants précis des maxima et minima de lumière. Leur influence nuisible est donc évitée par l'emploi des observations doubles. Il peut cependant arriver, si le plein moyen des dents n'est pas égal au vide, que ces erreurs fortuites introduisent une erreur constante dans la vitesse moyenne déduite d'une observation double; mais cette erreur s'élimine certainement en faisant une deuxième observation double avec une vitesse égale et inverse de la roue dentée, et en prenant la moyenne des deux observations. Les erreurs systématiques de la denture introduisent, elles aussi, des phases critiques dans la loi de la variation de l'intensité aux environs des maxima et minima, mais leur influence ne sera pas non plus à redouter en raison de la méthode spéciale d'observation.

On a supposé que la roue tournait d'un mouvement uniforme. Cette condition est si difficile à réaliser dans la pratique que M. Cornu a dû y renoncer et s'est décidé à employer un mouvement accéléré ou retardé, dont la loi était enregistrée par des signaux électriques à intervalles rapprochés, ce qui se prête parfaitement aux observations doubles. Mais l'emploi de cette vitesse variant continûment, ne supprime pas des erreurs périodiques à courtes périodes, résultant du ballottement des axes et des transmissions par engrenages. Le ballottement introduit des inégalités de vitesse dont la période est égale à la circonférence de la roue, qui ne produisent par conséquent pas un effet distinct des inégalités de denture déjà étudiées. Pour atténuer les variations résultant des engrenages, on peut employer des engrenages hélicoïdaux qui diminuent les frottements et les chocs.

On a supposé en second lieu que la lumière de retour se réduit à un simple point. Pour réaliser expérimentale-

ment cette condition, M. Fizeau concentrait un faisceau de lumière très-vive sur un point du pourtour de la roue dentée, après réflexion sur une glace sans tain, permettant de diriger l'axe de ce faisceau suivant l'axe optique d'un objectif A, tout en permettant à l'observateur de voir dans cette direction à travers la glace. Le faisceau s'épanouit, puis est réfracté par l'objectif A qui est fixé à une distance telle que les rayons réfractés vont converger sur un deuxième objectif B placé à une très-grande distance; les rayons le traversent, se réfléchissent sur un miroir placé à son foyer et font en sens inverse le chemin qu'ils viennent de parcourir, pour venir, concentrés par le premier objectif A, former un point brillant sur la denture de la roue. — Mais le foyer lumineux produit par une lentille-éclaireur sur cette roue dentée n'est pas un point mathématique, mais une petite surface, de sorte que la lumière réfractée par le premier objectif forme une série de faisceaux de rayons parallèles, dont les axes vont en divergeant. La quantité de lumière reçue par le collimateur décroît donc comme le carré de la distance. De plus les rayons ne viennent pas non plus au retour coïncider en un point mathématique. Il y a donc là deux causes défavorables, et M. Cornu examine comment leur effet peut être réduit par un réglage et une disposition convenable du dispositif décrit, et quelle influence elles pourront exercer sur les résultats. Cette influence n'entraîne pas d'erreur systématique appréciable, pourvu que le diamètre du rayon de retour soit suffisamment petit. Il en serait de même d'une petite erreur dans le réglage de l'appareil.

La troisième cause d'erreurs provient du temps qu'emploie l'observateur pour reconnaître l'apparition et la dis-

parition de la lumière de retour et pour transmettre le signal, ainsi que du temps qu'exige la transmission électrique et mécanique. Ces causes agissent dans le même sens pour produire un retard dans la formation du signal qui fixe l'instant de l'observation. La partie mécanique de ce retard est en partie contre-balancée par le retard de même nature qui se produit dans l'enregistrement automatique de la vitesse de la roue dentée. Les retards d'observation sont sensiblement constants dans une même série d'expériences, mais ont deux valeurs différentes pour la disparition et pour la réapparition de la lumière. M. Cornu montre que tous ces retards s'éliminent au moins en très-grande partie, si l'on combine toujours deux à deux les observations relatives à une extinction d'un ordre donné, faites les unes en vitesse croissante, les autres en vitesse décroissante.

Après ces considérations théoriques, M. Cornu aborde dans la seconde partie de son mémoire la description de ses appareils et des expériences elles-mêmes.

1° Appareils optiques. — Sur la terrasse de l'Observatoire était installée la lunette d'émission, de 14 pouces d'ouverture et $8^m,90$ de distance focale, disposée de manière à pouvoir être déplacée dans des limites suffisantes pour le réglage et pour tenir compte des circonstances accidentelles, telles que les variations de la réfraction atmosphérique. Cette lunette portait un éclaireur latéral perpendiculaire à son axe, muni d'une lame réfléchissante double (Fizeau) pour renvoyer parallèlement à cet axe les rayons du soleil ou d'une lumière Drummond. — Le collimateur disposé sur le sommet de la tour de Montlhéry avait 15 cent. d'ouverture, 2 m. environ de distance fo-

cale, portant au foyer de l'objectif un miroir de glace argentée.

2° Appareils pour la mise en mouvement de la roue dentée. — Le mouvement est produit par des poids. Une disposition spéciale permet de changer le sens de la vitesse. Le troisième axe du rouage porte une distribution électrique donnant à chaque tour par la rupture d'un circuit un signal qui correspond à 400 tours de la roue dentée. Le quatrième axe porte en premier lieu un frein à ressort commandé par un bouton à portée de la main de l'observateur, qui peut ainsi varier à son gré la vitesse, et en deuxième lieu une seconde distribution électrique, dont chaque signal correspond à 40 tours de la roue dentée, et qui peut servir lors de l'emploi des faibles vitesses. Un cinquième axe engrène par une denture hélicoïdale avec l'axe de la roue dentée, plus court que les autres pour éviter les ballottements. Les roues dentées employées étaient faites d'une feuille d'aluminium très-mince; leur diamètre était de 35 à 48^{mm}.

3° Appareils destinés à mesurer la vitesse du mécanisme.—Un cylindre enregistreur de 1 mètre de circonférence sur 50 cent. de long, couvert de papier enfumé, tourne sur lui-même en 51 secondes environ. Un chariot portant quatre tracelets, mus par des électro-aimants, avance de 15^{mm} par tour de cylindre; de sorte que les tracelets inscrivent les signaux sur le papier enfumé suivant une ligne hélicoïdale. Le tout est mis en mouvement par un rouage spécial très-fort.

4° Appareils chronographiques. — Une horloge astronomique battant les secondes donne à chaque battement un courant électrique qui met en mouvement le premier tracelet et l'enregistreur, et régularise en même temps, au

moyen d'un électro-aimant, le mouvement d'un pendule qui bat la demi-seconde; ce pendule, par un nouveau courant électrique, sert à maintenir le mouvement d'un trembleur-subdiviseur de l'unité de temps, qui bat le demi-dixième de seconde, et marque à chaque oscillation double un signal par l'intermédiaire du second tracelet. Le troisième tracelet est commandé par le rouage de la roue dentée, et donne un signal tous les 400 ou tous les 40 tours de la roue dentée. Le quatrième tracelet sert aux signaux de l'observateur.

Pour le relevé des signaux, on numérote les battements du chronographe dans le voisinage des signaux de l'observateur, on marque les signaux du mécanisme qui doivent servir à déterminer la vitesse au moment de l'observation, et on relève micrométriquement les époques de ces signaux. On calcule ensuite par interpolation la vitesse de la roue dentée aux moments pointés par l'observateur, et l'on en déduit la vitesse de la lumière par la formule donnée plus haut.

M. Cornu a fait, du 3 septembre 1874 au 27 septembre, 624 observations semblables. La fin de son mémoire est consacrée à la discussion de ces observations, à des mesures de vérification, à l'examen des imperfections du tracé, du mouvement et de la surface du cylindre, au calcul des erreurs probables, etc. La valeur que ces expériences assignent à la vitesse de la lumière dans le vide, est de 300,400 kilomètres par seconde de temps moyen avec une approximation de un millième.

C. S.

LA

SÉLECTION NATURELLE

ET LES

MALADIES PARASITAIRES

DES

ANIMAUX ET DES PLANTES DOMESTIQUES

PAR

le Dr F.-A. FOREL

professeur à l'Académie de Lausanne.

On entend par « sélection naturelle » le choix accidentel ou inconscient que la nature fait entre les individus destinés à reproduire une espèce végétale ou animale. Dans la lutte pour l'existence beaucoup succombent avant d'avoir fait souche ; un petit nombre seulement fournissent descendance, et l'on peut admettre que normalement ce sont les mieux armés qui seuls arrivent à se reproduire. Comme d'autre part les qualités des parents sont transmissibles par hérédité aux descendants, il en résulte que l'espèce dans ses modifications successives se transforme en acquérant des propriétés de résistance aux agents destructeurs qui luttent contre elle.

Chez les espèces domestiques, c'est-à-dire chez les animaux et les plantes que l'homme a asservis ou cultivées pour en tirer utilité ou jouissance, deux faits gênent et contrarient la sélection naturelle et l'empêchent d'agir librement. Ce sont la protection de l'homme et la sélection artificielle.

Premièrement, la protection de l'homme qui pour conserver son bétail et ses plantations écarte d'eux les causes de mort, qui défend son troupeau contre la dent des loups et arrache de son jardin les mauvaises herbes. L'homme intervient dans la lutte pour l'existence entre ses espèces domestiques et leurs ennemis ou concurrents : la lutte n'est plus égale et, grâce à cette puissante intervention, les espèces domestiques se multiplient en proportions énormes et démesurées ; mais par une revanche fatale, elles perdent aussi le bénéfice de la sélection naturelle, et ne jouissent pas de cet accroissement de force et de résistance que l'on voit chez les espèces sauvages.

Deuxièmement, le choix conscient que fait l'homme parmi les reproducteurs ou les produits de reproduction pour obtenir des variations utiles de ses espèces domestiques, c'est ce qu'on appelle la sélection artificielle. Tandis que chez les espèces sauvages la sélection naturelle tend à produire de nouvelles races mieux armées pour le combat de la vie, chez les espèces domestiques la sélection artificielle de l'homme obtient de nouvelles races mieux appropriées aux besoins du maître.

Ainsi donc, l'action humaine trouble complétement les faits naturels chez les espèces domestiques et tend à affaiblir celles-ci. D'une part la protection dont l'homme les couvre empêche la sélection naturelle en supprimant autant que possible les causes de mort ; en conservant en dépit des lois de la nature des individus mal armés pour le combat de la vie, elle leur permet de se reproduire et de donner naissance à des descendants faibles et abâtardis. D'une autre part la sélection artificielle donne naissance à des races très-bien appropriées à l'utilité de l'homme

mais souvent très-peu propres à la lutte pour l'existence, et par conséquent sujettes aux maladies [1].

Est-ce à dire que la sélection naturelle n'intervienne absolument pas chez les espèces domestiques; est-ce à dire que l'homme puisse supprimer toutes les causes de mort ? Non. Il se fait toujours nécessairement, entre les individus, un choix spontané et indépendant de l'action humaine; les plus forts et les plus robustes l'emportent normalement sur les plus faibles, même dans les espèces domestiques. Un individu incomplet ou maladif aura plus de chances de mourir jeune et par suite sans descendance qu'un individu solide et bien bâti. Cependant si l'homme ne peut pas supprimer entièrement la sélection naturelle chez ses domestiques, il cherche à la réduire au minimum d'action; car elle ne fonctionne que par la destruction, l'élimination d'un certain nombre de reproducteurs, et comme il veut utiliser le plus grand nombre possible de ses individus domestiques, il cherche à les protéger tous contre la mort.

Il est cependant une circonstance dans laquelle il me semble que l'homme peut avoir intérêt à utiliser la sélection naturelle et à faire appel à ses puissants moyens d'action ; c'est dans la lutte contre certaines maladies épizootiques ou épiphytiques [2]. C'est ce que je vais essayer de développer.

[1] L'homme en lui-même, pour ce qui le regarde, se comporte comme une espèce sauvage et est soumis uniquement à l'action de la sélection naturelle. Ce n'est que dans le cas de l'esclavage qu'il devient un animal domestique et que son maître le soumet à la sélection artificielle.

[2] Maladie *épiphytique*, maladie attaquant un grand nombre d'individus d'une espèce végétale ; c'est chez les végétaux l'analogue des maladies épidémiques de l'homme et des maladies épizootiques des animaux.

Un jour viendra peut-être où toutes ces maladies générales, contagieuses, qui frappent en grand une espèce organique, rentreront toutes dans la classe des maladies parasitaires ; où dans toutes ces maladies, choléra, typhus, pestes, fièvres éruptives de l'homme et des animaux, maladies des arbres fruitiers et des plantes cultivées, l'on constatera l'invasion d'un parasite animal ou végétal qui prenant à corps l'espèce attaquée vient vivre à ses frais et quelquefois aux dépens de sa vie. On n'en est pas encore arrivé là, mais chaque année quelque grande découverte en pathologie animale ou végétale nous approche de cette solution.

Quoi qu'il en soit je ne m'occuperai ici que des maladies parasitaires, et je traiterai de la lutte contre les maladies parasitaires des espèces domestiques par le moyen de la sélection naturelle [1].

Pour comprendre comment on pourrait agir sur les maladies parasitaires des espèces domestiques, cherchons d'abord comment la sélection naturelle fonctionnerait chez une espèce sauvage attaquée par un parasite.

Supposons une espèce sauvage animale ou végétale acclimatée dans un pays et arrivé à l'état d'équilibre dans son développement, c'est-à-dire présentant le nombre d'individus capable d'utiliser toute la nourriture que lui offre la contrée, capable aussi de soutenir la lutte pour l'existence contre les autres espèces ses antagonistes et ses rivales. Un parasite animal ou végétal est importé

[1] La plupart des faits que je vais développer au sujet des maladies parasitaires pourraient être appliqués sans grandes difficultés aux maladies contagieuses où l'on n'arrive pas à constater la présence d'un parasite.

d'un autre continent; il trouve dans le pays des conditions générales de milieu qui lui permettent un développement normal et il s'attaque à l'espèce en question en la faisant périr. Que va-t-il se passer? Le parasite trouvant en abondance sa nourriture sur l'hôte [1] qu'il attaque va immédiatement prospérer et se multiplier; il se développera en masse énorme, il occasionnera une mortalité terrible sur l'espèce attaquée. L'épizootie, l'épiphytie sera alors à son apogée. Bientôt aussi viendra un moment où le parasite trouvera plus difficilement ses victimes; le nombre de celles-ci ayant considérablement diminué il manquera de nourriture, et après avoir eu un développement énorme, exagéré, l'espèce parasite périra à son tour par famine. Alors l'espèce attaquée ne trouvant plus sur sa route un excès de parasites se multipliera de nouveau, puis le parasite à son tour en fera de même, et ainsi de suite, d'oscillations en oscillations, de multiplications en hécatombes, de développements exagérés en famines, ces deux espèces en arriveront à un état statique, un état d'équilibre, dans lequel il restera juste assez de l'espèce hôtesse pour empêcher le parasite de mourir de faim, juste assez de parasite pour interdire à son hôte de prendre un trop grand développement. L'état d'équilibre qui existait avant l'invasion du parasite sera donc de nouveau rétabli, mais avec un ennemi de plus pour notre espèce sauvage, un antagoniste de plus combattant contre elle dans la bataille pour l'existence.

Voilà le premier temps de la lutte pour l'existence entre les deux espèces en présence; le combat de la vie a eu simplement pour effet de limiter le développement

[1] Pour plus de commodité je désigne par le mot *hôte* l'espèce animale ou végétale qui donne le support à un parasite.

des deux organismes. C'est ce que j'appellerai la phase de la *lutte pour l'existence.*

Vient la seconde phase, celle de la *sélection naturelle*. La sélection naturelle a une action modificatrice ; elle peut agir sur les deux êtres en présence en les modifiant de telle manière qu'ils arrivent à se supporter l'un l'autre, à vivre en présence sans se faire du tort mutuellement.

Elle peut agir sur l'hôte. Par l'élimination des individus moins résistants et par la survivance des individus plus résistants, la sélectiou naturelle peut rendre l'espèce attaquée plus robuste, lui donner des qualités de rusticité de santé, de force, qui lui permettront de survivre aux coups du parasite.

Elle peut agir sur le parasite. Les individus dont l'action est mortelle sur l'espèce qu'ils attaquent sont tués par la famine ; ceux dont l'action est moins funeste continuent à trouver de la nourriture. Il peut en résulter survie de ces derniers et par suite prolifération, tandis que les premiers ne donneraient pas de souche. Il faut bien remarquer que la mort de l'hôte n'est jamais (ou presque jamais) un fait avantageux pour le parasite, bien au contraire. Celui-ci a tout avantage à ce que son hôte reste en vie et en santé pour lui fournir longtemps nourriture et support.

L'une et l'autre des deux modifications arriveront en somme au même résultat, à savoir suppression de la lutte mortelle entre les deux espèces, tolérance réciproque, et l'espèce hôtesse, revenue à ses conditions primitives, pourra, si rien d'extérieur ne s'y oppose de nouveau, reprendre dans le plan de la nature la place et le rôle qu'elle avait avant l'invasion du parasite.

Telle doit être l'issue définitive de la lutte entre deux

espèces livrées à elles-même dans la grande arène, dans le champ libre de la nature.

Dans l'état d'esclavage des espèces domestiques, dans le champ clos de la vie servile, comment la lutte se fera-t-elle ?

Le premier temps, la phase que nous avons désignée sous l'appellation de la lutte pour l'existence ne se fera pas régulièrement. En effet l'homme qui a besoin de la vie de ses espèces domestiques cherchera à les protéger contre la mort ; il interviendra dans la lutte entre les espèces. Il interviendra de diverses manières :

1° En cherchant à tuer le parasite : le jardinier élague le gui de ses arbres fruitiers, le laboureur brûle avec l'acide la cuscute de son champ de luzerne, le vigneron empoisonne avec le sulfure de carbone et les sulfo-carbonates alcalins, le phylloxéra des racines de sa vigne.

2° En cherchant à débarrasser ses espèces domestiques de la contagion : l'homme détruit quand il le peut les foyers d'infection ; il fait une hécatombe dans ses étables quand une vache a été atteinte par la peste bovine, il arrache ses vignes en les brûlant avec le feu et l'acide comme nous l'avons fait récemment, avec succès semble-t-il, dans les vignes phylloxérées de Pregny, près Genève [1] ; dans les cas moins graves il se borne à séquestrer le bétail malade (surlangue des ruminants).

3° En cherchant à se procurer pour la reproduction

[1] Cf. *F.-A. Forel.* Rapport adressé au département de l'intérieur du canton de Genève par la commission chargée d'indiquer les mesures à prendre contre le Phylloxera dans les vignes de Pregny.— *E. Risler.* Rapport sur l'arrachage et le traitement des vignes phylloxérées de Pregny. — *V. Fatio* et *Demole-Ador.* Le Phylloxera dans le canton de Genève de mai à août 1875, etc.

de ses domestiques de jeunes générations exemptes des germes de la maladie. Pour cela il étudie avec M. Pasteur les œufs de ses vers à soie et choisit ceux qui ne présentent pas trace de corpuscules, ou bien avec M. Aug. Chavannes il fait intervenir le triage de la nature en élevant en plein air les vers à soie menacés de la maladie. Sous l'action de circonstances extérieures plus dures que celles qu'ils rencontrent dans les magnaneries, les vers malades meurent tous et il ne survit que des vers sains qui donneront des œufs absolument indemnes de la maladie héréditaire. Nous aurons à revenir dans un moment sur ces éducations en plein air du ver à soie du mûrier et nous insisterons sur la puissante action de sélection et de régénération qu'elles offrent.

Tels sont les principaux moyens que l'homme emploie pour assister ses espèces domestiques dans la lutte pour l'existence, et dans le fait il réussit dans la plupart des cas à les délivrer des parasites et maladies. Il est cependant quelques maladies où ces moyens même les plus puissants et les plus radicaux ne suffisent pas. Le parasite est trop prolifique, ou trop disséminé, ou trop insaisissable pour que l'homme arrive à l'anéantir, et même avec l'auxiliaire efficace de la protection de l'homme, les espèces domestiques succombent dans la lutte pour l'existence.

Dans ces cas désespérés n'y aurait-il pas moyen de faire appel à ce que j'ai considéré comme une seconde phase dans les rapports entre l'espèce attaquée et son parasite, à la sélection naturelle? Si dans les espèces sauvages attaquées par un parasite, la sélection naturelle peut arriver à modifier heureusement et à transformer soit l'hôte, soit le parasite, de telle manière que le premier

supporte les coups portés par le parasite, ou que celui-ci devient innocent pour son hôte, pourquoi cette même action ne pourrait-elle pas avoir lieu aussi chez les espèces domestiques ?

Pour répondre à cette question, transformons-la un peu et demandons-nous : pourquoi cette action modificatrice n'a-t-elle pas lieu chez les espèces domestiques ? Sous cette forme la réponse est facile ; nous avons vu que c'était la protection de l'homme qui, supprimant autant que possible les causes de mort pour ses domestiques, intervient dans la lutte pour l'existence et entrave la sélection naturelle.

Cela étant, comment pourrait-on rétablir l'action de la sélection naturelle ? Réponse : en supprimant la protection de l'homme, en laissant le libre jeu du combat de la vie se faire entre les organismes en présence, en laissant le champ libre à la lutte pour l'existence entre l'espèce domestique et son parasite, en revenant pour autant que cela est possible à la vie sauvage.

Cela serait-il possible, cela serait-il efficace, cela ne serait-il pas nuisible ? Autrement dit, peut-on remettre des espèces domestiques dans les conditions de la vie libre ; ce retour à l'état de nature peut-il modifier avantageusement ces espèces, avantageusement du moins pour le combat contre le parasite qui les menace ; enfin ce retour à l'état de nature n'aurait-il pas des inconvénients graves en faisant perdre aux espèces domestiques tout ou partie de leurs qualités utiles ? Telles sont les questions qui seules nous arrêtent encore. Mais elles sont assez importantes pour nous occuper sérieusement et demander une réponse.

Il est assez difficile de traiter ces questions d'une manière générale et de leur donner une réponse absolue. Les conditions de la vie domestique sont tellement différentes d'une espèce à l'autre et d'une classe à l'autre d'organismes, que ce qui est vrai pour l'un ne le sera pas nécessairement pour l'autre ; en cherchant à donner à ces questions une réponse théorique nous risquerions de nous heurter à trop d'exceptions et à trop d'impossibilités.

Je veux essayer de satisfaire à ces demandes d'une autre manière, et de montrer par des exemples la possibilité de l'application de la sélection naturelle à la guérison des maladies parasitaires des espèces domestiques, l'efficacité de cette application, et son innocuité.

Je prendrai ces exemples dans l'histoire de deux maladies que j'ai eu l'occasion d'étudier plus spécialement, la Pébrine, ou maladie corpusculaire des vers à soie et le Phylloxera vastatrix de la vigne.

1° *De l'application de la sélection naturelle à la guérison de la Pébrine des vers à soie du mûrier.*

Dans un ouvrage couronné en 1861 [1] au concours ouvert par l'Institut royal lombard des sciences et arts, M. Aug. Chavannes de Lausanne, après avoir étudié les caractères de l'épizootie qui, sous le nom de *pébrine* désolait les magnaneries de l'Europe, a proposé comme moyen de guérison l'éducation en plein air des animaux reproducteurs. Les principes qui l'ont guidé peuvent se résumer comme suit : l'éducation en plein air du ver à soie du mûrier est possible (M. Chavannes l'a démontré expérimentalement); du moment qu'elle est possible, elle

[1] Prof. *Aug. Chavannes.* Les principales maladies des vers à soie et leur guérison. Genève, 1862.

doit être profitable, car c'est à l'éducation en magnaneries surchauffées, à l'encombrement dans des salles malsaines, à l'excitation trop grande de la production qu'est due la maladie de l'insecte; la vie en plein air rendra les vers plus robustes et plus forts, par conséquent les œufs seront meilleurs et plus sains; en quelques générations de vie en plein air la race sera régénérée. La conclusion de M. Aug. Chavannes est qu'il serait convenable dans les pays séricicoles d'user simultanément de deux systèmes d'éducation, marchant parallèlement: Premièrement l'éducation en plein air pour la conservation et la régénération de la race; elle devrait être réservée à la production de la graine (œufs des vers à soie). — Deuxièmement, l'éducation en magnaneries sur une grande échelle pour la production de la soie.

Mme Adèle Forel, ma mère, convaincue par les considérations théoriques et pratiques de M. Chavannes, a suivi son exemple et a mis en jeu cette méthode pendant une série de dix générations consécutives, à Chigny, près Morges, de 1862 à 1871. Elle a obtenu le plus entier succès et les résultats les plus encourageants. Sans discuter ici la question théorique ni la doctrine pathologique de M. Chavannes, je vais essayer de résumer les expériences de Chigny [1].

Les procédés d'éducation de Mme Forel, qui ne sont autres à de très-légères modifications près que ceux de M. Chavannes, sont établis comme suit: on fait éclore les œufs en chambre, et on les élève sur des cartons jusqu'à la seconde mue; au commencement du troisième âge on les place sur les mûriers, en plein air, dans la campagne;

[1] Voyez *F.-A. Forel*. Notes sur les éducations en plein air du ver à soie. Bull. soc. Vaud. sc. nat. X, p. 224. Lausanne 1869.

pour cela on réunit ensemble deux à trois rameaux bien feuillés, on les entoure d'un manchon de mousseline qui protégera les vers contre les oiseaux, araignées, fourmis et autres carnassiers, et dans cette cage bien aérée et bien ventilée on dépose de 50 à 100 chenilles ; on les y laisse se tirer d'affaire, manger, faire leurs mues, jusqu'à ce qu'on voie, à travers la gaze, que la nourriture leur manque ; après avoir préparé un second manchon identique au premier, on cueille les vers à la main, les uns après les autres, et on les dépose sur la feuille fraîche. Lorsque la dernière mue est terminée et que le moment de la montée arrive, on rentre les vers en chambre et le coconnage se fait sur les brindilles de colza ou de bruyère ; la graine s'obtient par les procédés ordinaires, et l'année suivante le cycle recommence comme ci-dessus.

En effet, l'action principale de ces éducations en plein air ne s'obtient qu'au bout d'un certain nombre de générations, élevées les unes après les autres d'après le même système ; ce n'est que par la répétition, de génération en génération, sur les descendants de vers élevés eux aussi en plein air, que la vie à l'état de demi-liberté développe sur la chenille du *Bombyx mori* les heureux effets de la sélection naturelle.

Quels sont les résultats de la vie en plein air sur les vers à soie ? Ces résultats sont de deux natures : premièrement les vers sont débarrassés des germes de la pébrine ou maladie des corpuscules; deuxièmement la race est régénérée, elle devient plus robuste et plus saine.

Tout d'abord la maladie est guérie. Cela résulte des faits suivants : Dès la seconde génération de la vie en plein air, nous n'avons plus vu traces de pébrine ; — à

partir de 1866, j'ai étudié au microscope le sang et les tissus des vers à soie de Chigny et je n'y ai jamais trouvé aucun indice de corpuscules vibrants; — partout où nous avons envoyé de la graine provenant de nos éducations en plein air, elle a parfaitement bien réussi et s'est toujours trouvée exempte de la maladie [1]; — enfin les prix très-élevés qui nous ont été offerts de la graine, après expérience faite, sont une dernière preuve de la bonne qualité de ces œufs.

Comment expliquer cette guérison ou plutôt cet état de santé des graines ? La chose est bien facile; c'est un fait élémentaire de sélection naturelle, c'est le triage qui se fait par le simple jeu de la mort entre les individus sains et les individus malades. Le même triage que M. Pasteur fait à l'aide de son microscope et qui lui permet d'éliminer les œufs malades pour ne garder que les œufs sains, ce même triage se fait spontanément par la mort de tous les individus maladifs. Dans les conditions de vie un peu plus dure de l'éducation en plein air, non-seulement tous les vers gravement atteints succombent immédiatement, mais ceux qui n'étaient qu'à demi malades, qui protégés dans une magnanerie contre les intempéries, auraient résisté, survécu et donné des descendants, tous ceux-là meurent aussi, et il ne reste pour donner souche que des individus forts, vaillants, indemnes de tout germe de maladie. Et si, par hasard, quelques individus maladifs avaient passé à la première génération, l'élimination complète de tous les germes de l'épizootie se fera certai-

[1] Dans les premiers âges du moins, car dans quelques cas la maladie s'est déclarée au moment de la dernière mue ; je ne puis attribuer cela qu'à l'infection par la vie dans des magnaneries empestées, car les contemporains de ces mêmes vers élevés à Chigny ou ailleurs ne montraient aucun symptôme de pébrine.

nement à la seconde ou à la troisième éducation en plein air.

Le second effet de l'éducation en plein air est la régénération de la race : les vers à soie descendant de parents soumis à ce régime sont plus forts, plus résistants. C'est ce que chaque génération nourrie par Mme Forel sur les arbres de Chigny a montré mieux que la précédente; à la huitième, à la dixième génération les effets étaient saisissants et parfaitement évidents. Pendant les premières années les vers étaient paresseux, lents, maladroits, faibles et hésitants; ils demandaient une surveillance continuelle; les secousses du vent les détachaient de leur branche et ils tombaient dans le fumier à la partie la plus déclive du manchon, incapables de se tirer d'affaire tout seuls; ou bien dans leur maladresse ils coupaient en la rongeant vers son pédoncule la feuille qui les supportait et ils faisaient ainsi des chutes ridicules; ils ne savaient pas aller à la recherche de la feuille fraîche lorsque la nourriture était épuisée sur le rameau où ils étaient fixés; ils étaient faibles, et si un accident quelconque les faisait choir par terre de quelques pieds de hauteur, ils s'assommaient sur le sol, quand leur peau n'éclatait pas sous la force du choc. Bien différents étaient les descendants de ces vers après quelques générations passées sur l'arbre. Bientôt nous les avons vus devenir plus forts, plus adroits, plus ménagers de la feuille, plus habiles à chercher de la nourriture fraîche ou à remonter du fond du manchon si une secousse les avait fait tomber : bientôt leur force de résistance a été tellement accrue que les chutes, même de branches assez élevées, ne les a plus affectés d'une manière visible; bientôt même, et c'est là un fait des plus intéressants, ils ont repris un instinct de leurs ancêtres sauva-

ges, instinct perdu depuis des centaines et des milliers de générations de vie domestique, ils ont retrouvé l'art d'attacher à la branche, au moment où ils se sentent menacés d'une chute, un fil de soie le long duquel ils se laissent glisser lorsque la secousse les arrache du rameau ; ils tombent ainsi doucement sur le sol, et souvent s'arrêtent en route ; j'en ai même vus remonter le long de ce fil, lorsque le repos était revenu, jusqu'à la branche à laquelle était attachée cette corde de sauvetage. Nous les avons vus dans un autre cas reprendre aussi un instinct de la vie sauvage ; dans quelques cas où nous les avons laissés coconner dans les manchons sur les arbres, nous les avons vus, après avoir choisi une feuille convenable, la plier en deux en tendant entre ses deux extrémités des fils de plus en plus serrés, puis cacher si bien leurs cocons dans les plis de ces feuilles, qu'il nous était fort difficile de n'en pas oublier quelques-uns au moment de la cueillette. En un mot, ces vers à soie élevés en plein air, ceux surtout qui descendent de quelques générations déjà de vers régénérés, ces vers sont plus forts, plus résistants ; ils sont plus rustiques ; ce ne sont plus les vers abâtardis des magnaneries ; ils tendent à redevenir les vers sains et vaillants des chenilles sauvages.

Ces faits répondent aux deux premières questions que nous nous sommes posées : peut-on appliquer la sélection naturelle à la guérison des maladies épizootiques ; cette application est-elle efficace ? Dans ce cas spécial la réponse est affirmative et cela de la manière la plus positive.

Reste la troisième question : les changements que le retour à l'état de nature a amenés dans les mœurs, habitudes et état de santé de l'espèce, ne seront-ils pas nuisi-

bles à ses qualités économiques ? C'est pour en tirer profit que l'homme élève ses espèces domestiques; le retour plus ou moins complet à la vie sauvage ne fera-t-il pas tort à leur valeur et à leur utilité?

Pour le cas de l'éducation en plein air du ver à soie du mûrier, nous pouvons donner à cette question la réponse la plus satisfaisante. Les cocons élevés à Chigny ont été en s'améliorant, en s'embellissant, en devenant d'année en année plus beaux; leur poids a notablement augmenté et la qualité de leur soie s'est perfectionnée. Nous en avons la preuve dans le jugement unanime de tous les connaisseurs et spécialistes auxquels nous les avons montrés; nous en avons un témoignage, plus sûr encore parce qu'il est plus désintéressé, dans les prix très-élevés qui ont été offerts par les filateurs pour les cocons percés après la sortie des papillons.

Cet heureux résultat sur la qualité et le poids des cocons était dû en grande partie à ce que, à côté de la sélection naturelle qui améliorait la santé et la rusticité de la race, Mme Forel opérait en même temps et avec une grande attention la sélection artificielle la plus soigneuse; elle n'admettait pour ses reproducteurs que des cocons parfaits, les plus lourds et les mieux tissés avec la soie la plus fine [1]. Il n'y a pas de doute que c'est grâce à l'appli-

[1] Pour donner une idée des résultats heureux que peut procurer ainsi la sélection artificielle bien conduite, combinée avec la sélection naturelle de la vie en plein air, je citerai le fait suivant : je suis arrivé en une seule année à élever de 221 à 254 milligrammes, soit à élever de 33 milligrammes le poids net du cocon, c'est-à-dire le poids de la soie, le cocon débarrassé du papillon et de l'enveloppe de la chrysalide. J'ai obtenu ce résultat en pesant individuellement les cocons avant et après la sortie du papillon et en choisissant avec soin les couples de reproducteurs qui avec la plus belle forme de cocon et la meilleure qualité de soie me donnaient le plus beau poids net.

cation intelligente de la sélection artificielle à côté de la sélection naturelle, que dans les éducations de Chigny on a obtenu le perfectionnement de la qualité des cocons et de la beauté de la soie; ce n'est pas à la sélection naturelle que je l'attribue. Mais ce que je constate, c'est que le fait de la vie en plein air ne nous a pas empêchés d'obtenir cette amélioration industrielle de la race, qu'il n'a point eu d'inconvénients au point de vue économique; j'en conclus pour le cas spécial à l'innocuité de la sélection naturelle sur l'espèce domestique du ver à soie.

Ce récit d'expériences positives et précises, faites sous nos yeux, est donc une réponse complète et entièrement satisfaisante aux trois questions que nous posions il y a un moment sur la possibilité, l'efficacité et l'innocuité de l'application de la sélection naturelle à la guérison des maladies des espèces domestiques[1].

[1] Je résumerai dans les termes suivants les préceptes pratiques que les éducations de Chigny nous ont appris :

Que dans chaque établissement séricicole il y ait simultanément et chaque année trois éducations spéciales à but et à procédés également différents :

1° Pour la conservation et la régénération de la race, que chaque sériciculteur élève annuellement sur les arbres, en plein air, 200 à 300 vers au plus, dans quatre ou cinq manchons différents ; qu'il choisisse attentivement les plus beaux cocons en les triant et en les pesant individuellement, à raison de trois cocons femelles par gramme de graine à produire.

2° Pour la production de la graine nécessaire à son établissement, qu'il élève en chambre un nombre suffisant de vers descendant en première génération des vers ayant vécu en plein air.

3° Pour l'éducation industrielle, qu'il la fasse en magnaneries en poussant la production avec toute l'intensité qu'il jugera nécessaire.

De cette manière il aura toujours pour la production de la graine des descendants directs de vers ayant vécu en plein air, et ses éducations industrielles bénéficieront, sans qu'il soit autrement gêné pour la direction économique de son établissement, des qualités acquises par le ver à soie pendant une serie de plus en plus longue de générations de vie sur les arbres.

2° *De l'application de la sélection naturelle à la lutte de la vigne contre le Phylloxéra vastatrix.*

L'expérience n'a pas encore été faite, à ma connaissance du moins; j'ai indiqué les principes et la base de la méthode dans une courte note lue le 5 juin 1876 devant la Société vaudoise des sciences naturelles[1].

Voici sur quelle chaîne de raisonnements je me suis fondé :

I. Les espèces européennes de la vigne sont toutes plus ou moins détruites par le *Phylloxera vastatrix,* puceron d'origine américaine, introduit accidentellement en Europe depuis une vingtaine d'années; ce parasite tue la plante en s'attaquant à la racine, en déterminant des blessures à son écorce qui se pourrit et entraîne la perte de la racine ; la plante meurt par destruction des racines.

II. Certaines espèces américaines du même genre résistent à l'attaque du phylloxéra ; leurs racines, ou bien ne sont pas recherchées par l'insecte, ou bien ne sont pas altérées par les blessures qu'il peut y faire. J'en conclus que toute plante du genre *Vitis* n'est pas nécessairement détruite par l'action du phylloxéra.

III. Cette immunité des vignes américaines a probablement été acquise par sélection naturelle; elle pourrait

[1] *F.-A. Forel.* De la sélection artificielle dans la lutte contre le Phylloxera de la vigne. Gazette de Lausanne, 11 janvier 1876 ; Messager agricole de Montpellier, 10 février 1876.

Dans cette note j'ai employé à tort l'expression de « sélection artificielle » pour indiquer l'utilisation par l'homme du triage fait par la nature entre les individus réfractaires au Phylloxera et les individus soumis à son action. C'est « application de la sélection naturelle » ou « utilisation par l'homme de la sélection naturelle » qui est l'expression propre.

probablement être acquise aussi à la longue par la vigne européenne si la lutte pour l'existence se faisait librement dans la vie sauvage entre les deux espèces en présence, la vigne et le puceron.

IV. L'homme doit chercher dans les conditions de la vie domestique de la vigne à reproduire les faits de la lutte pour l'existence et à les utiliser pour obtenir par sélection naturelle une modification heureuse de la vigne européenne, à savoir l'acquisition de l'immunité aux attaques du phylloxéra [1].

Comment arriver à ce résultat? Quelle est la marche à suivre?

Le but étant d'obtenir une race de vigne européenne douée des immunités de résistance des vignes américaines, et le moyen étant l'action de la sélection naturelle, la marche à suivre est bien simple et peut se formuler en ces mots : Assister à la lutte entre le phylloxéra et la vigne et recueillir les survivants; les ceps survivant à cette lutte à mort seront la race demandée.

Or, comme aujourd'hui la surface de pays plantée en vignes européennes et infectée par le phylloxéra est énorme, comme dans la plupart des vignes on n'a employé aucune

[1] Si les deux espèces en présence étaient sauvages, on pourrait rêver aussi la possibilité d'une modification du puceron qui deviendrait par l'action de la sélection naturelle moins nuisible à la vigne. En effet il y aurait utilité pour lui à ne pas faire périr la vigne, son hôte, car en la tuant il s'enlève de la nourriture et s'expose ainsi à la famine; or tout fait utile chez une espèce organique peut devenir la base d'une action de sélection. Mais cette transformation de l'insecte ne pourrait commencer que lorsqu'il serait décimé par la famine; cette sélection ne se ferait donc que sur les ruines de nos vignobles européens. Il n'y faut donc pas songer, du reste ce n'est pas dans cette direction que la nature agit le plus volontiers, c'est ce que nous montre l'exemple de la vigne américaine.

espèce d'insecticide ou de moyen de protection qui aurait troublé la lutte entre les deux organismes, comme par conséquent la lutte entre le phylloxéra et la vigne a eu lieu dans des proportions gigantesques et d'une manière parfaitement loyale, on peut dire que l'expérience s'est faite. Je voudrais donc que l'on cherchât dans les pays phylloxérés, sur les millions et les milliards de ceps atteints par le puceron, s'il ne se trouverait pas, en quelque coin de pays retiré et obscur, quelque pauvre plante de vigne végétant encore au milieu des souches mortes de ses congénères. Un seul cep indemne que l'on retrouverait serait le salut de la viticulture européenne. Il n'est pas impossible qu'il existe; il vaudrait la peine de le chercher.

Et si on ne le trouve pas? Eh bien! il faudra le faire.

Et pourquoi pas? L'art de l'éleveur et celui de l'horticulteur ne consistent-ils pas essentiellement à créer de nouvelles variétés utiles des espèces domestiques? Ne savent-ils pas accumuler, par un choix judicieux de leurs reproducteurs, les variations très-faibles qui apparaissent à chaque génération parmi les descendants du même parent; ne savent-ils pas, en faisant agir pendant un nombre suffisant de générations l'hérédité probable des qualités acquises, arriver à fixer les caractères utiles d'une nouvelle race ou variété?

Si la sélection artificielle a réussi dans la création de mille variétés utiles de la plupart des espèces domestiques, pourquoi désespérer du succès dans le cas qui nous occupe, où l'on peut faire usage des procédés bien autrement puissants de la sélection naturelle?

J'estime donc qu'il y a lieu d'employer ici la sélection naturelle, non pas d'une manière passive et en assistant simplement à la lutte entre les deux organismes, mais

d'une manière active, en multipliant les occasions de contact et en intervenant dans le combat pour l'exciter et pour l'activer.

Si l'on n'a pas su trouver de ceps ayant survécu définitivement à la lutte contre le phylloxéra, du moins l'on en trouvera, et cela dans chaque vignoble, quelques ceps qui auront survécu provisoirement, qui seront moins souffrants que leurs voisins, qui auront résisté plus longtemps.

Cette survivance peut tenir à trois ordres de faits que j'appellerai :

a) les causes *externes* provenant du milieu dans lequel végète la plante, sol, engrais, humidité, etc;

b) les causes *accidentelles* provenant du libre choix des pucerons qui auront dirigé leurs attaques dans une direction plutôt que dans une autre;

c) les causes *internes* provenant des qualités mêmes de la plante qui est plus ou moins réfractaire à l'action du puceron. Quelles peuvent être ces qualités qui caractérisent à un haut degré certaines espèces américaines réfractaires au phylloxéra? Est-ce le goût ou l'odeur des sucs et des tissus; est-ce une plus grande dureté de l'écorce des racines qui, plus coriaces, seraient moins aisément perforées par la trompe du puceron; est-ce une plus grande rusticité de ces racines qui se pourrissent moins facilement sous l'influence des piqûres de l'insecte? Nous ne le savons pas, et nous ne le saurons que si l'expérience réussit.

Quoi qu'il en soit, ce sont les circonstances de cette dernière classe qui seules peuvent être utilisées par la sélection naturelle pour la modification que nous recherchons.

L'existence de ces qualités internes qui rendraient une plante moins sensible que les autres à l'action destructive du phylloxéra, est peut-être un fait fort rare; bien souvent ce seront les actions extérieures à la plante ou seulement ce que l'on appelle le hasard qui auront déterminé sa plus longue immunité. Mais le fait même de l'existence de ces qualités, à un très-faible degré sans doute, chez quelques plantes seulement spécialement favorisées, ce fait n'est pas en lui-même improbable; il est possible, et s'il existe, il est suffisant pour servir de base à la création d'une variété nouvelle douée de l'immunité que nous recherchons. Et comme la découverte de ce fait serait le salut de notre viticulture, il vaut la peine de le rechercher expérimentalement.

Comment mettre cette expérience en pratique?

Que dans les vignobles phylloxérés, et phylloxérés depuis assez longtemps pour que l'on puisse supposer que toutes les plantes ont été visitées par le puceron, que l'on recherche les ceps qui pourraient avoir été plus ou moins épargnés par la maladie; que si l'on n'en trouve pas, l'on s'adresse à des vignes plus récemment infectées et que l'on y recherche les plantes qui, toutes choses égales d'ailleurs, peuvent faire supposer par l'état de leur végétation une résistance plus grande à l'action du phylloxéra; que l'on fasse des reproducteurs de toutes ces plantes relativement indemnes; que l'on en tire un nombre aussi considérable que possible de rejetons; que l'on emploie pour en faire des boutures tous les sarments encore en végétation; si possible que l'on en fasse des semis; en un mot que l'on multiplie autant que possible les individus ainsi survivants, et que l'on établisse par leur moyen de grandes pépinières en pays phylloxéré.

En général quand on veut produire une nouvelle variété qui exagère les caractères de la souche primitive, ou qui présente des caractères différents et nouveaux, l'on s'adresse à la reproduction sexuelle ; chez les végétaux on multiplie par graines et non par boutures. Ce dernier mode de reproduction conserve en effet autant que possible les qualités de parent et continue pour ainsi dire la même plante dans un nouvel individu ; tous les organes axiles, foliacés et floraux se développent dans la bouture comme ils se seraient développés sur l'arbre primitif; le nouvel individu vit d'une vie indépendante et isolée au lieu de rester soumis à la vie commune sur la colonie de la plante dont il a été détaché. Mais dans le cas qui nous occupe, la modification que nous cherchons à obtenir aurait lieu, non sur les parties aériennes de la plante, dans une bouture continuation directe de la plante précédente, mais sur les racines, production nouvelle du nouvel individu ; les racines de la bouture sont des organes nouveaux, production de l'individu depuis sa séparation de la colonie, et non une multiplication d'organes anciens, appartenant à l'ancienne colonie et séparés d'elle avec le bourgeon qui a formé la bouture. Les racines d'une bouture doivent donc jouir du bénéfice des facultés d'hérédité d'une part, et de variabilité d'autre part des organes de production nouvelle. Il est donc possible, je dirai même plus, il est donc probable que pour l'établissement d'une nouvelle variété dans laquelle les modifications désirables doivent avoir lieu sur la racine, on puisse s'adresser à la reproduction par boutures, et si cela est effectivement possible, comme ces modifications de la racine sont les seules désirables et que tout autre changement dans les qualités du fruit serait plutôt nuisible il vaudra mieux s'adresser

dans le cas qui nous occupe à la reproduction par boutures plutôt qu'à la reproduction par semis [1].

Des questions de cette nature peuvent du reste difficilement être résolues *à priori* ; c'est l'expérience seule qui en jugera.

Je disais donc qu'il faut établir par tous les moyens possibles de vastes pépinières *en pays et en milieu phylloxérés.*

Aussitôt que les jeune plantes auront passé la période critique du développement de leurs premières racines, que l'on infecte la plantation en y semant des racines de vigne chargées de phylloxéras vivants ; la lutte pour l'existence aura bientôt fait la sélection naturelle, le triage que nous recherchons. Tous les jeunes individus dont les ascendants n'avaient échappé à la maladie que par le fait de ce que nous avons appelé les conditions externes et accidentelles seront bientôt détruits par le puceron ; mais si parmi les ceps qui ont servi d'origine à la pépinière il s'en est, par un heureux hazard, trouvé quelques-uns dont la survivance était due à des qualités internes de résistance, il y a probabilité que quelques-uns de leurs descendants hériteront de ces qualités précieuses, que quelques-uns même les accentueront. Il est donc à espérer que parmi les jeunes rejetons de la première génération, quelques-uns snbsisteront un peu plus longtemps que les autres, ou même résisteront définitivement aux attaques du puceron.

Ce sont ces plantes dont la végétation moins souffrante sera l'indice d'une résistance plus grande au phylloxéra

[1] Les boutures se développent d'ailleurs plus vite que les semis, et le temps est chose précieuse dans une action qui doit probablement être poursuivie durant nombre de générations successives.

qui devront être choisis comme reproducteurs pour une seconde génération, et ainsi de suite.

D'après les faits généralement connus de l'hérédité et de la transmission des caractères dans les générations successives des organismes, on peut prévoir que les qualités de résistance s'accentueront à chaque nouvelle génération, et après un nombre suffisant de reproductions nous avons le droit d'espérer qu'on arrivera à la création d'une variété nouvelle de nos races européennes de la *Vitis vinifera,* variété qui végétera et produira du fruit en plein milieu phylloxéré, comme le font aujourd'hui les espèces américaines.

L'expérience seule pourra nous dire si ces espérances ne sont pas trop présomptueuses, si la mise en jeu des forces de la nature et l'utilisation artificielle de la sélection naturelle sauront se montrer efficaces pour la solution du difficile problème qui préoccupe l'Europe viticole. Théoriquement nous ne prévoyons pas d'impossibilité absolue.

Ces deux exemples dont l'un a déjà reçu la sanction de l'expérience et de la pratique suffiront à montrer comment la théorie du naturaliste peut rêver la guérison possible de certaines épizooties et épiphyties de nos espèces domestiques.

S'il y a possibilité de réussir dans cette voie c'est au praticien à chercher la meilleure mise en jeu des ressources inépuisables et variées de la nature ; il y a évidemment plus d'une marche à suivre, plus d'une méthode pour utiliser ces grands phénomènes biologiques que l'on appelle lutte pour l'existence, sélection naturelle, sélection artificielle, variabilité des espèces, apparition des qualités

accidentelles, hérédité des qualités acquises, etc. Si son attention se dirige sur ces questions, le praticien trouvera la meilleure tactique à appliquer dans chaque cas spécial, et la tactique trouvée il saura la mettre en œuvre.

C'est à diriger l'attention des praticiens sur cet ordre d'idées et de questions qu'est destinée cette dissertation théorique.

RECHERCHES
FAITES DANS LE
LABORATOIRE DE PHYSIOLOGIE
DE GENÈVE

Communiquées par M. le professeur SCHIFF.

V

Sur un mode particulier d'irritation électrique des nerfs phréniques[1].

L'année passée, dans une communication orale sur les propriétés électriques des nerfs, j'avais insisté sur le fait que les nerfs moteurs deviennent plus excitables à de faibles irritations électriques peu de temps après la mort ou après une section transversale du tronc nerveux.

La plus belle confirmation de cette thèse nous est offerte par les nerfs phréniques.

Les nerfs phréniques sont les seuls nerfs moteurs du diaphragme, et après leur section transversale le diaphragme devrait être paralysé et le mouvement fasciculaire de ce muscle devrait cesser immédiatement.

On avait déjà observé depuis longtemps que dans beaucoup de cas on voit chez des mammifères très-irritables des mouvements très-étendus et très-énergiques des fascicules du diaphragme persister ou revenir après la section des deux nerfs phréniques au cou. Ces mouvements peuvent (même si les côtes sont immobiles) produire de vraies inspirations incomplètes et maintenir en quelque sorte une *faible* respiration ou la rétablir si elle

[1] Communiqué à la Société de phys. et d'hist. nat. Juin 1877.

avait cessé avant la section des nerfs. Nous avons pu obtenir par ces mouvements des tracés respiratoires, le thorax étant intact, au moyen d'un tube fixé dans la trachée et mis en communication avec le polygraphe de Marey.

Budge a cherché à expliquer ces phénomènes par les anastomoses que le nerf phrénique reçoit au niveau du plexus brachial. La section au niveau du cou ne comprendrait pas ces anastomoses qui pourraient encore faire agir le nerf. Cette explication est insuffisante parce qu'on peut couper le nerf au-dessous de ces anastomoses dans la cavité thoracique sans que le phénomène cesse de se produire. Au contraire, il se montre en général *un peu plus tôt* qu'après la section au niveau du cou.

J'avais très-souvent observé le phénomène en question dans les expériences que j'avais faites en 1861 sur l'effet de la ligature de la veine porte chez les mammifères, lorsque la respiration avait cessé depuis quelque temps. Dans ces cas on n'avait pas même besoin de couper les nerfs phréniques, parce que leur paralysie était produite par la mort des centres spinaux qui précédait l'extinction de l'excitabilité périphérique de l'animal refroidi par l'effet de l'expérience.

Je voyais alors chaque pulsation du cœur, même les pulsations rudimentaires ou artificiellement provoquées, accompagnée d'une contraction du diaphragme. Cette contraction se manifestait plus régulièrement dans la moitié gauche du muscle que dans la droite.

Lorsque, chez un animal dont la respiration automatique a cessé par l'effet d'un agent toxique qui ne compromet pas l'excitabilité nerveuse, on continue pendant longtemps la respiration artificielle, le corps se refroidit et la circulation se maintient. On ouvre la cavité thoraci-

que ou abdominale sans léser considérablement les points d'attache du diaphragme. On interrompt plusieurs fois la respiration artificielle pour s'assurer que cette interruption ne produit pas des mouvements automatiques du diaphragme. Enfin, après avoir interrompu la respiration pendant que le cœur continue encore à faire des mouvements plus ou moins forts, on coupe les nerfs phréniques. Après 1 à 3 secondes (rarement plus tard, si la section des phréniques est faite dans le canal rachidien) chaque pulsation du cœur entraîne une contraction diaphragmatique. Dans les intervalles des pulsations le diaphragme est immobile, même si l'on prolonge considérablement ces intervalles par l'excitation des nerfs pneumogastriques. Une irritation mécanique du cœur, même si la pulsation produite est presque invisible, fait naître une contraction du diaphragme. Chez quelques animaux très-maigres, chez lesquels on enregistrait, avec l'aiguille exploratrice, les mouvements du cœur, on pouvait voir l'effet des fortes contractions diaphragmatiques à travers la peau, sans ouvrir ni le thorax ni l'abdomen. Les pulsations de l'hypochondre visibles chez ces animaux ont été prises à tort pour l'effet direct des pulsations du cœur ou de l'aorte.

Cette corrélation entre les pulsations du cœur et les mouvements du diaphragme m'a donné la clef du phénomène. On sait, depuis les recherches de Kölliker et Müller, que le cœur donne lieu à chaque pulsation à une forte variation électrique dans sa substance, c'est-à-dire d'après la manière de voir que j'adopte et qui originairement appartient à E. Becquerel, que le cœur à chaque pulsation produit un courant électrique, comme le fait un autre muscle pendant le mouvement interrompu. La même chose doit se répéter pour les muscles du sinus vei-

neux pendant leurs contractions. Une grenouille galvanoscopique, dont le nerf est placé sur le cœur, éprouve des contractions musculaires à chaque pulsation.

Le *nerf phrénique gauche* est appliqué immédiatement sur le péricarde, c'est-à-dire sur la substance du cœur suivant la direction de la base à la pointe, qui est la direction la plus favorable à la production de ce que Matteucci avait appelé contraction induite. Le *nerf phrénique droit* est appliqué dans une direction moins favorable sur les muscles du sinus veineux et se tient plus éloigné de la substance du cœur.

L'hypothèse à laquelle je suis arrivé est appuyée par les faits suivants :

1° La contraction se montre beaucoup plus facilement et plus souvent dans la moitié gauche que dans la moitié droite du diaphragme. Dans les expériences que j'ai répétées au mois de janvier de cette année, pour les montrer à notre collègue M. Laskowski, à mon assistant M. A. Darier et à M. le Dr Lautenbach de Philadelphie, je n'ai pu produire que les contractions de la moitié gauche.

2° Si, pendant que ces contractions du diaphragme se succèdent régulièrement, on soulève avec deux crochets le nerf phrénique gauche préparé, pour qu'il ne touche plus le cœur, les contractions cessent pour ne reparaître qu'à la première contraction qui vient après qu'on a remis le nerf en place.

3° Si, après avoir soulevé le nerf phrénique, on le remplace en mettant sur une partie du cœur, dans la direction qui était occupée par le premier, le nerf d'une grenouille galvanoscopique dont le muscle est isolé sur de la toile cirée, les contractions du gastrocnémien remplacent les contractions du diaphragme qui manquent.

4° Si, toujours supposant qu'on ait en vue des contractions à gauche, on met entre le nerf et le cœur une lame suffisamment grande et grosse de mica ou de verre, les contractions cessent, pour reparaître ensuite si on remplace la lame isolante par une couche de papier humecté avec une solution de sel à 6 °/₀₀.

Les contractions du cœur doivent irriter également pendant la vie et avant sa section le nerf phrénique, comme elles le font après la mort ou quand le nerf a été coupé; cependant on n'observe pas chez l'animal vivant et non lésé ces contractions du diaphragme qui manquent même pendant l'apnée complète.

C'est une nouvelle preuve à l'appui de l'assertion que l'excitabilité des nerfs augmente un peu dans les premiers temps après la mort ou après leur section. Le temps qu'il faut après cette dernière opération pour que les contractions apparaissent, paraît être d'autant plus long que la section est faite plus près de la moelle épinière, ce qui renforce la probabilité de l'opinion que l'augmentation de l'excitabilité se propage couche par couche à partir du point de section. Le nerf phrénique coupé chez l'animal vivant a été trouvé dégénéré après une quinzaine de jours, et la dégénération commence probablement le quatrième jour. C'est une preuve, peut-être meilleure que celles qui ont déjà été fournies, que l'excitation galvanique la plus régulière et très-souvent répétée ne peut pas empêcher la dégénération d'un nerf coupé.

Une dernière série d'expériences, qui malheureusement n'a été faite jusqu'ici que du côté droit, démontre que, si on laisse le nerf phrénique en communication avec la moelle épinière, en ne coupant que ses prolongements

vers la moelle allongée par une section de la moelle au niveau de la première paire cervicale, le nerf phrénique ne dégénère pas et la moitié droite du diaphragme reste complétement immobile. Le nerf ne devient donc pas sensible, au moins d'une manière durable, pour l'irritation électrique provenant du muscle cardiaque. Un de ces derniers faits a été montré aux membres du Congrès médical international à Florence.

BULLETIN SCIENTIFIQUE.

PHYSIQUE.

J.-J. Mackenzie. Ueber die Absorption der Gase, etc. Sur l'absorption des gaz par les dissolutions salines. (*Annalen der Physik und Chemie*, neue Folge, t. I, p. 438.)

Dans son grand travail intitulé « Observations sur l'absorption des gaz par différents corps[1], » Th. de Saussure a étudié entre autres l'absorption de l'acide carbonique par un certain nombre de dissolutions salines.

Ce sujet n'avait pas été repris depuis lors. M. Mackenzie en a récemment abordé l'étude à l'instigation de M. G. Wiedemann dans le laboratoire de Leipzig. Dans ce travail, qu'il ne donne du reste que comme un premier aperçu sur une question qu'il se réserve pour des recherches plus approfondies, l'auteur s'est borné à mesurer l'absorption de l'acide carbonique dans les dissolutions aqueuses des chlorures de potassium, de sodium, d'ammonium, de barium, de strontium et de calcium à différents degrés de concentration.

Les résultats auxquels il a été conduit jusqu'ici sont les suivants :

1° Les dissolutions salines absorbent moins d'acide carbonique qu'un égal volume d'eau.

2° Plus la dissolution est concentrée, moins elle absorbe de gaz; pour une concentration croissante, la quantité de gaz absorbée diminue d'abord rapidement, puis plus lentement, et paraît se rapprocher asymptotiquement d'un minimum.

3° L'action exercée par le sel dissous varie avec sa nature; le pouvoir absorbant du chlorure de potassium est intermédiaire entre ceux du chlorure de sodium et du chlorure d'ammonium, comme son poids moléculaire; de même l'ab-

[1] *Bibliothèque britannique*, 1812, t. L, p. 138.

sorption du chlorure de strontium est intermédiaire entre celles des chlorures de calcium et de barium.

4° La variation que le pouvoir absorbant des dissolutions subit avec la température est à peu près la même que dans le cas de l'eau pure.

Ce n'est qu'après de plus amples recherches que l'on pourra dire si ce phénomène est purement physique ou s'il y a action chimique entre la dissolution saline et le gaz.

CHIMIE.

H.-E. Roscoe et C. Schorlemmer. Traité de Chimie [1].

MM. Roscoe et Schorlemmer ont publié depuis longtemps un traité de Chimie élémentaire fort estimé. Le succès de cet ouvrage les a décidés à entreprendre la publication d'un traité beaucoup plus étendu, mais conçu sur le même plan, dont le premier volume vient de paraître.

C'est un ouvrage essentiellement pratique. Le premier volume renferme un abrégé très-succinct de l'histoire de la Chimie, une courte exposition des principes généraux de cette science et de la cristallographie et surtout l'étude complète du groupe des éléments non métalliques et de leurs combinaisons.

Les propriétés des corps et les expériences par lesquelles on peut les constater, et vérifier la composition des principales combinaisons sont décrites avec beaucoup de soin ; de très-nombreuses et très-belles figures intercalées dans le texte facilitent cette exposition précieuse pour les personnes chargées d'un enseignement.

La préparation des corps et les procédés de fabrication des produits industriels sont étudiés avec beaucoup de détails. La position des auteurs à Manchester, au milieu d'un centre important d'industries chimiques, les mettait au courant des progrès les plus récents de ces industries.

[1] *Ausführliches Lehrbuch der Chemie*, von H. E. Roscoe und C. Schorlemmer, Professoren der Chemie an Owens College. Friedrich Vieweg & Sohn, Braunschweig, 1877.

Sous tous les rapports, du reste, cet ouvrage est au niveau des découvertes les plus récentes de la science. Les auteurs n'ont pas traité tous les sujets avec le même développement. Ils ont préféré, et avec raison croyons-nous, pour un ouvrage spécialement destiné à l'enseignement, signaler très-brièvement les composés qui n'ont aucune application, pour exposer avec tous les développements nécessaires la constitution, la préparation et les propriétés des corps réellement importants.

Jugeant l'ouvrage entier d'après le seul volume publié, nous sommes fondés à croire que, malgré le nombre considérable de Traités de chimie en langue allemande, celui de MM. Roscoe et Schorlemmer sera accueilli avec faveur.

C. M.

ZOOLOGIE, ANATOMIE ET PALÉONTOLOGIE.

Enrique Serrano Fatigati. Note sur les bactéries et les générations spontanées. (Extrait par l'auteur[1].)

Nous venons de finir une série de recherches sur le développement des bactéries et sur les générations spontanées. Nous publierons plus tard la série complète, en décrivant en détail la méthode que nous avons suivie ; dans cette note nous ne donnerons qu'un léger aperçu des résultats que nous avons obtenus.

Ces expériences ont été continuées depuis l'année 1874, en employant un petit générateur à vapeur *a* qu'on pouvait mettre en rapport avec un récipient en verre *b* au moyen d'un très-long serpentin. Dans chaque observation on introduisait le tout dans un bain pour avoir des températures uniformes. En disposant du blanc d'œuf préalablement desséché à froid dans la portion *b* que nous avons décrite, on pouvait porter la température jusqu'à 150° ou 170° et faire passer de l'eau, pour avoir de cette façon une certaine quantité d'al-

[1] Vu l'intérêt tout particulier qui s'attache en ce moment à la question des générations spontanées, nous croyons devoir publier la note que voici et que l'auteur a adressée à la Rédaction des *Archives*.

bumine qui a été chauffée et amenée à ses conditions normales.

Dans la première observation l'albumine a été détruite presqu'en totalité. Jamais le développement des bactéries ne nous a fait défaut.

En rapprochant les résultats de ces travaux de ceux auxquels ont conduit les expériences de *Pouchet*, *Pasteur*, *Bastian* et *Tyndall*, et en comparant les observations de *Nuesch* sur la formation de ces *microphites* dans l'intérieur des cellules du *concombre*, avec nos études sur la même génération dans celle du *Saccharomyces cerevisiæ*, nous avons tiré les conclusions suivantes.

1. Les bactéries prennent naissance dans la segmentation des masses protoplasmiques et albuminoïdes : la formation se fait dans ce cas par une génération qu'on peut appeler spontanée.

2. Lorsque ces organismes s'offrent dans certaines matières minérales, ou dans des substances protéiques altérées, ils semblent provenir des germes qui sont répandus dans l'atmosphère en vertu des segmentations qui se produisent sans cesse dans les plantes et les animaux.

3. Le premier fait est un véritable cas d'*Archibiosis ;* le deuxième ne résulte que d'une nutrition et d'une reproduction très-active.

Pour ce qui est de la place à assigner aux bactéries dans l'échelle des êtres, je crois que ces organismes ne sont ni végétaux ni animaux. Je pense que la nature a développé ses créations par antithèses successives ; je pense aussi que sur la terre n'ont apparu d'abord que des êtres qu'on pouvait appeler seulement *épithelmiques* et dans lesquels on trouverait le germe d'une ultérieure séparation en animaux et plantes. Après de nombreuses recherches j'ai toujours regardé les *bactéries* comme des représentants actuels de ces êtres.

Ciudad-Real, 17 mai 1877.

ERRATUM.

T. LIX, p. 200 : Au lieu de *Unitacrinus,* lisez *Elintacrinus.*

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES A L'OBSERVATOIRE DE GENÈVE

sous la direction de

M. le prof. E. PLANTAMOUR

PENDANT LE MOIS DE JUILLET 1877.

Le 1er, quelques gouttes de pluie dans la soirée; éclairs de 8 h. à 10 h. à l'Ouest.

2, tonnerres à l'Ouest, à 2 3/4 h. après midi.

4, rosée le matin.

5, depuis 4 3/4 h. après midi, pendant la soirée et jusque fort avant dans la nuit, succession d'orages venant du SE., du S. et du SO. De 11 1/2 h. à 11 3/4 h. plusieurs violentes décharges électriques, accompagnées d'une forte averse mêlée de grêle.

6, depuis 11 3/4 h. avant midi jusqu'à 6 1/4 h. du soir, succession d'orages.

8, assez forte bise dans la journée, tandis que les nuages sont poussés par un vent du SO.

9, rosée le matin.

10, à 1 h., halo solaire brillant.

11, hâle tout le jour.

12, depuis 7 h. du soir, éclairs et tonnerres au SO.; très-forte pluie dans la soirée.

14, de 1 h. à 3 1/2 h. de l'après-midi, succession d'orages suivant la direction du SO. au NE.; violentes décharges électriques vers 1 h. 20 m. Pendant toute la soirée, éclairs dans la partie sud de l'horizon.

16, tonnerres à l'Ouest, à 2 h. après midi; un second orage éclate à 6 1/4 h., à l'Ouest.

17, à 7 h. du soir, éclairs et tonnerres au Sud et au SE.

18, à plusieurs reprises dans la matinée, bourrasques avec pluie.

21, forte rosée le matin.

22, id. hâle intense toute la matinée. Le soir, à 10 h., éclairs au Nord.

23, rosée le matin.

24, id. A 9 1/4 h., du soir, violent orage suivant la direction du SO. au NE.; plusieurs fortes décharges électriques.

28, forte rosée le matin.

30, rosée le matin.

31, id. hâle dans la journée.

Valeurs extrêmes de la pression atmosphérique.

MAXIMUM.	mm	MINIMUM.	mm
Le 3 à 10 h. soir	729,99	Le 2 à 2 h. après midi	724,88
9 à midi	735,55	6 à 2 h. après midi	726,34
18 à 8 h. matin	730,00	15 à 8 h. matin	718,26
21 à 8 h. matin	729,84	19 à 4 h. après midi	726,25
30 à 8 h. matin	734,94	24 à 4 h. après midi	719,87

GENÈVE. — JUILLET 1877.

Jours du mois.	Baromètre. Hauteur moy. des 24 h.	Baromètre. Écart avec la hauteur normale	Température C. Moyenne des 24 heures	Température C. Écart avec la temp. normale	Température C. Minim.	Température C. Maxim.	Tension de la vap. Moy. des 24 h.	Tension de la vap. Écart avec la tension normale.	Fract. de saturation en millièmes Moy. des 24 h.	Fract. de saturation Écart avec la fraction norm.	Fract. de saturation Minim.	Fract. de saturation Maxim.	Pluie ou neige Eau tomb. d. les 24 h.	Pluie ou neige Nomb. d'h.	Vent dominant.	Clarté moy. du Ciel.	Temp. du Rhône Midi.	Temp. du Rhône Écart avec la temp. normale.	Limnimètre à 11 h.
	millim.	millim.	o	o	o	o	millim.	millim.					mm.				o	o	cm
1	729,15	+ 1,79	+23,60	+ 5,38	+17,7	+29,4	12,46	+1,99	600	— 89	390	800	...	...	SO. 2	0,69	...	.....	242,0
2	726,63	— 0,76	+18,76	+ 0,48	+15,6	+25,1	12,47	+1,97	811	+123	560	870	5,0	5	S. 1	0,99	19,6	+ 2,6	242,3
3	728,85	+ 1,44	+15,30	— 3,04	+13,8	+19,1	10,46	—0,07	828	+141	590	940	3,4	6	variable	0,82	17,9	+ 0,8	243,4
4	728,77	+ 1,33	+16,77	— 1,63	+ 9,1	+22,0	9,57	—0,99	676	— 10	440	860	0,3	2	N. 1	0,44	19,1	+ 1,9	247,6
5	728,07	+ 0,61	+19,85	+ 1,40	+16,6	+24,9	11,95	+1,36	719	+ 34	460	980	3,2	4	SO. 1	0,74	19,2	+ 2,0	245,5
6	727,02	— 0,47	+19,53	+ 1,03	+15,8	+26,0	13,18	+2,57	793	+108	580	920	6,4	5	SSO. 1	0,87	19,3	+ 2,0	247,8
7	728,96	+ 1,45	+18,17	— 0,37	+16,0	+22,4	10,35	—0,29	683	— 1	540	740	...	...	NNE. 1	0,71	11,7	— 5,7	247,0
8	730,19	+ 2,65	+16,29	— 2,30	+13,7	+20,1	7,37	—3,30	572	—111	400	740	...	...	NNE. 2	0,64	...	.....	252,2
9	734,79	+ 7,23	+15,64	— 2,99	+ 8,4	+20,9	7,72	—2,97	599	— 83	400	770	..	...	N. 1	0,01	18,6	+ 1,0	248,8
10	733,31	+ 5,73	+16,83	— 1,84	+10,1	+23,0	9,49	—1,22	679	— 3	430	850	. .	...	N. 1	0,40	18,8	+ 1,2	246,9
11	730,10	+ 2,50	+19,75	+ 1,05	+11,7	+26,9	11,23	+0,50	663	— 18	430	810	...	...	variable	0,18	17,7	0,0	245,0
12	727,70	+ 0,07	+21,01	+ 2,28	+14,0	+29,6	12,79	+2,04	709	+ 29	410	970	15,7	5	variable	0,78	19,7	+ 1,9	243,0
13	725 55	— 2,10	+22,71	+ 3,95	+17,0	+28,0	12,43	+1,66	630	— 50	330	780	...	...	SSO. 2	0,43	18,7	+ 0,9	244,9
14	723,00	— 4,67	+19,48	+ 0,69	+16,0	+25,1	13,49	+2,70	822	+143	550	890	6,7	2	SSO. 1	0,77	15,1	— 2,8	244,3
15	718,98	— 8,71	+15,96	— 2,85	+14,8	+18,7	11,74	+0,94	888	+209	700	900	14,6	14	SO. 1	0,77	...	.....	248,0
16	720 52	— 7,19	+16,74	— 2,09	+13,8	+21,9	9,19	—1,63	678	0	450	860	2,3	3	SSO. 3	0,62	14,3	— 3,7	245,8
17	725,56	— 2,17	+16,21	— 2,64	+12,9	+21,0	9,20	—1,63	694	+ 16	490	910	6,6	3	SSO. 2	0,77	11,0	— 7,1	248,6
18	729,81	+ 2,07	+14,68	— 4,19	+12,0	+19,6	8,95	—1,90	734	+ 56	540	820	4,5	6	SSO. 2	0,73	9,6	— 8,6	248,0
19	726,95	— 0,81	+16,13	— 2,75	+13,6	+18,9	11,21	+0,35	830	+152	710	910	3,8	6	SSO. 2	0,99	8,0	—10,2	248,8
20	728,71	+ 0,93	+18,96	+ 0,07	+14,4	+24,4	11,91	+1,04	751	+ 74	510	970	1,2	2	SO. 1	0,47	8,8	— 9,5	247,2
21	729,32	+ 1,53	+20,58	+ 1,69	+13,1	+26,7	12,02	+1,14	680	+ 3	460	860	...	...	variable	0,10	12,2	— 6,1	250,8
22	727,34	— 0,47	+21,15	+ 2,25	+14,0	+30,1	13,93	+3,04	758	+ 81	410	890	...	...	variable	0,26	...	.....	248,8
23	724,91	— 2,91	+22,65	+ 3,75	+17,9	+27,9	14,86	+3,96	740	+ 63	530	910	...	...	NNE. 1	0,26	20,3	+ 1,9	249,3
24	721,03	— 6,81	+22,99	+ 4,10	+17,6	+29,9	13,94	+3,04	694	+ 16	450	890	4,0	1	SSO. 2	0,70	20,1	+ 1,7	247,2
25	728,29	+ 0,44	+14,67	— 4,22	+13,0	+18,4	10,67	—0,24	870	+192	710	920	11,8	9	variable	0,91	19,7	+ 1,2	244,0
26	731,84	+ 3,98	+17,48	— 1,40	+12,7	+22,8	11,17	+0,26	764	+ 86	440	900	0,8	3	SO. 1	0,79	18,3	— 0,2	252,0
27	731,55	+ 3,68	+18,36	— 0,51	+14,5	+23,8	10,41	—0,51	689	+ 11	410	910	...	...	N. 1	0,41	15,7	— 2,9	251,0
28	730,77	+ 2,88	+18,38	— 0,47	+11,9	+24,5	10,73	—0,19	686	+ 7	510	900	...	...	NNE. 1	0,50	14,0	— 4,6	249,3
29	733,84	+ 5,94	+18,03	— 0,81	+15,3	+21,7	11,50	+0,58	761	+ 82	600	890	...	...	NNE. 1	0,62	...	.....	248,0
30	734,12	+ 6,21	+19,48	+ 0,66	+13,3	+25,0	12,82	+1,90	766	+ 86	550	900	...	...	N. 1	0,09	19,7	— 1,0	245,2
31	730,74	+ 2,82	+22,00	+ 3,21	+14,0	+29,2	13,26	+2,34	682	+ 1	450	920	...	...	variable	0,00	20,1	+ 1,4	244,3

MOYENNES DU MOIS DE JUILLET 1877.

	6 h. m.	8 h. m.	10 h. m.	Midi.	2 h. s.	4 h. s.	6 h. s.	8 h. s.	10 h. s.
Baromètre.									
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade	729,78	729,95	729,85	729,62	729,22	729,15	729,08	729,43	730,01
2e »	725,94	725,93	725,85	725,70	725,60	725,29	725,14	725,46	725,89
3e »	729,79	729,98	729,80	729,56	729,19	728,75	728,58	728,75	729,37
Mois	728,54	728,67	728,54	728,34	728,04	727,77	727,63	727,91	728,45
Température.									
	o	o	o	o	o	o	o	o	o
1re décade	+15,51	+18,33	+20,01	+21,12	+21,42	+20,79	+20,04	+18,75	+16,86
2e »	+16,06	+18,14	+20,01	+21,27	+21,29	+21,42	+20,46	+18,24	+16,59
3e »	+15,89	+19,23	+21,13	+22,50	+23,47	+24,31	+23,20	+20,09	+18,25
Mois	+15,82	+18,59	+20,41	+21,66	+22,11	+22,24	+21,30	+19,06	+17,27
Tension de la vapeur.									
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade	10,66	11,05	10,59	10,46	10,17	10,18	10,29	10,35	11,20
2e »	10,95	11,35	11,39	11,00	10,63	10,93	11,47	11,63	12,01
3e »	11,96	12,62	11,88	11,84	12,38	11,94	12,74	13,15	12,64
Mois	11,21	11,70	11,31	11,12	11,10	11,05	11,54	11,76	11,97
Fraction de saturation en millièmes.									
1re décade	806	702	606	554	531	564	600	650	782
2e »	801	726	654	591	589	588	652	745	844
3e »	887	758	641	586	585	531	602	748	813
Mois	833	730	634	577	569	560	617	715	813

	Therm. min.	Therm. max.	Clarté moy. du Ciel.	Température du Rhône.	Eau de pluie ou de neige.	Limnimètre.
	o	o		o	mm	cm
1re décade	+13,68	+23,29	0,63	+18,01	18,3	246,4
2e »	+14,02	+23,41	0,65	+13,66	55,4	246,4
3e »	+14,30	+25,46	0,42	+17,79	16,6	248,1
Mois	+14,01	+24,10	0,56	+16,43	90,3	247,0

Dans ce mois, l'air a été calme 1,4 fois sur 100.

Le rapport des vents du NE. à ceux du SO. a été celui de 0,56 à 1,00.

La direction de la résultante de tous les vents observés est S. 47°,0 O. et son intensité est égale à 29,6 sur 100.

TABLEAU

DES

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES AU SAINT-BERNARD

pendant

LE MOIS DE JUILLET 1877.

Le 1er, brouillard pendant une couple d'heures l'après-midi.
3, pluie et brouillard presque tout le jour, par une forte bise.
6, pluie l'après-midi, fort vent de SO.
7, fort vent du SO.
8, brouillard intense tout le jour.
9, très-clair, forte bise.
12, pluie le soir.
13, la pluie marquée le 13 est tombée dans la nuit du 12 au 13.
14, grêle pendant un quart d'heure vers 2 h. de l'après-midi; de 2 à 3 h. éclairs et tonnerres.
15, pluie et brouillard presque tout le jour, fort vent du SO.
17, pluie et brouillard le soir, il a neigé pendant une demi-heure, mais la neige fondait en tombant.
18, neige pendant la nuit et le matin jusqu'à 8 h., brouillard le matin et le soir.
19, pluie et brouillard depuis midi.
20, brouillard tout le jour.
23, pluie et brouillard l'après-midi.
24, pluie et brouillard presque tout le jour.
25, id. forte bise l'après-midi.
26, clair le matin, brouillard depuis 2 h. après midi.
27, brouillard une partie de la journée, forte bise.
28, brouillard le soir, forte bise.
29, brouillard jusqu'à 10 h. du soir, forte bise.
30 et 31, très-clair.

Valeurs extrêmes de la pression atmosphérique.

MAXIMUM	mm	MINIMUM.	mm
Le 5 à 10 h. soir	570,07	Le 3 à 10 h. matin	566,53
9 à 10 h. soir	573,10	8 à midi	567,49
18 à 7 h. soir	567,77	15 à midi	560,65
22 à 10 h. soir	571,07	19 à 10 h. matin..........	566,43
26 à 10 h. soir	571,01	25 à 8 h. matin	565,01
30 à 6 h. soir	574,60	28 à 6 h. matin	569,15

SAINT-BERNARD. — JUILLET 1877.

Jours du mois.	Baromètre. Hauteur moy. des 24 heures.	Baromètre. Écart avec la hauteur normale.	Baromètre. Minimum.	Baromètre. Maximum.	Température C. Moyenne des 24 heures.	Température C. Écart avec la température normale.	Température C. Minimum*	Température C. Maximum*	Pluie ou neige. Hauteur de la neige.	Pluie ou neige. Eau tombée dans les 24 h.	Pluie ou neige. Nombre d'heures.	Vent dominant.	Clarté moyenne du Ciel.
	millim.	millim.	millim.	millim.	o	o	o	o	millim.	millim.			
1	571,97	+ 4,10	571,15	573,00	+ 8,39	+ 2,99	+ 6,6	+10,8	.....	3,4	....	SO. 1	0,68
2	568,57	+ 0,64	567,78	569,81	+ 7,47	+ 2,01	+ 5,7	+10,7	.....	.....	....	SO. 1	0,71
3	567,16	− 0,82	566,53	568,03	+ 1,71	− 3,81	+ 1,2	+ 4,3	.....	8,2	....	NE. 2	1,00
4	568,43	+ 0,40	567,57	569,24	+ 6,52	+ 0,94	+ 1,3	+10,2	.....	.....	....	NE. 1	0,17
5	569,71	+ 1,63	569,21	570,07	+ 7,22	+ 1,58	+ 4,4	+10,3	.....	.....	....	SO. 1	0,72
6	569,26	+ 1,13	568,83	570,02	+ 7,55	+ 1,85	+ 4,7	+12,0	.....	.....	....	SO. 2	0,70
7	568,88	+ 0,70	568,53	569,34	+ 9,27	+ 3,52	+ 7,3	+12,4	.....	7,4	....	SO. 2	0,34
8	567,92	− 0,31	567,49	569,20	+ 1,57	− 4,23	− 0,9	+ 7,5	.....	.....	....	NE. 1	1,00
9	571,89	+ 3,62	570,03	573,10	+ 3,30	− 2,55	− 2,3	+ 6,5	.....	.....	....	NE. 2	0,02
10	572,49	+ 4,18	572,23	572,79	+ 6,34	+ 0,44	+ 3,9	+ 8,3	.....	.....	....	NE. 1	0,23
11	571,59	+ 3,24	571,12	571,80	+ 9,20	+ 3,25	+ 5,8	+12,6	.....	.....	....	NE. 1	0,18
12	570,92	+ 2,53	570,64	571,21	+10,37	+ 4,38	+ 7,0	+14,7	.....	8,4	....	NE. 1	0,71
13	568,87	+ 0,44	568,81	569,03	+ 9,65	+ 3,62	+ 7,2	+12,1	.....	16,6	....	NE. 1	0,52
14	566,19	− 2,28	564,95	568,01	+ 8,37	+ 2,30	+ 7,3	+10,9	.....	6,4	....	SO. 1	0,64
15	561,42	− 7,09	560,65	562,78	+ 4,73	− 1,38	+ 3,3	+ 7,2	.....	19,6	....	SO. 1	0,96
16	562,23	− 6,32	561,49	563,87	+ 4,26	− 1,88	+ 2,0	+ 7,2	.....	.....	....	variable	0,32
17	565,54	− 3,04	564,67	566,07	+ 3,86	− 2,31	+ 1,9	+ 7,1	.....	6,3	....	SO. 1	0,64
18	567,06	− 1,55	565,60	567,77	+ 0,94	− 5,26	− 0,3	+ 3,0	60	12,4	....	NE. 1	0,69
19	566,52	− 2,12	566,43	566,90	+ 3,43	− 2,80	+ 1,2	+ 5,3	.....	6,6	....	NE. 1	0,93
20	569,11	+ 0,44	567,71	570,13	+ 5,58	− 0,68	+ 3,7	+ 7,5	.....	.....	....	NE. 1	0,92
21	570,52	+ 1,82	569,97	570,97	+ 8,37	+ 2,08	+ 4,0	+11,7	.....	.....	....	NE. 1	0,13
22	570,81	+ 2,08	570,67	571,07	+11,46	+ 5,15	+ 7,2	+14,4	.....	.....	....	variable	0,23
23	569,77	+ 1,02	569,37	570,66	+10,81	+ 4,48	+ 8,8	+13,2	.....	4,2	....	SO. 1	0,61
24	567,81	− 0,96	566,65	568,77	+ 8,71	+ 2,36	+ 8,0	+11,7	.....	8,4	....	SO. 1	0,89
25	566,45	− 2,34	565,01	568,03	+ 1,08	− 5,29	+ 0,1	+ 5,2	.....	7,6	....	NE. 2	1,00
26	570,17	+ 1,36	569,03	571,01	+ 3,23	− 3,15	+ 0,4	+ 6,3	.....	.....	....	NE. 1	0,60
27	570,04	+ 1,21	569,95	570,22	+ 3,99	− 2,40	+ 2,6	+ 6,9	.....	.....	....	NE. 2	0,88
28	569,96	+ 1,12	569,15	570,77	+ 3,99	− 2,41	+ 2,0	+ 7,0	.....	.....	....	NE. 2	0,49
29	572,23	+ 3,38	571,07	573,65	+ 4,29	− 2,12	+ 2,6	+ 6,7	.....	.....	....	NE. 2	0,91
30	574,37	+ 5,51	573,76	574,60	+10,08	+ 3,67	+ 7,2	+12,6	.....	.....	....	NE. 1	0,00
31	573,30	+ 4,43	572,78	574,05	+12,34	+ 5,93	+ 8,7	+16,4	.....	.....	....	NE. 1	0,03

* Ces colonnes renferment la plus basse et la plus élevée des températures observées de 6 h. matin à 10 h. soir.

MOYENNES DU MOIS DE JUILLET 1877.

	6 h. m.	8 h. m.	10 h. m.	Midi.	2 h. s.	4 h. s.	6 h. s.	8 h. s.	10 h. s.
Baromètre.									
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade	569,43	569,50	569,57	569,67	569,65	569,68	569,69	569,83	570,00
2e »	566,86	566,91	566,91	566,93	566,96	567,04	567,06	567,09	567,13
3e »	570,21	570,31	570,40	570,50	570,55	570,57	570,67	570,77	570,84
Mois	568,88	568,95	569,01	569,08	569,10	569,14	569,19	569,23	569,37
Température.									
	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1re décade	+ 4,77	+ 5,79	+ 7,02	+ 8,08	+ 7,97	+ 7,55	+ 6,87	+ 6 05	+ 5,02
2e »	+ 4,37	+ 5,67	+ 7,42	+ 8,33	+ 8,38	+ 7,83	+ 7,41	+ 5,67	+ 4,98
3e »	+ 5,27	+ 6,82	+ 8,23	+ 9,51	+ 9,45	+ 9,03	+ 7,92	+ 7,10	+ 6,51
Mois	+ 4,82	+ 6,12	+ 7,58	+ 8,67	+ 8,63	+ 8,16	+ 7,42	+ 6,30	+ 5,54

	Min. observé.	Max. observé	Clarté moyenne du ciel.	Eau de pluie ou de neige.	Hauteur de la neige tombée.
	0	0		mm	mm
1re décade	+ 3,19	+ 9,30	0,56	19,0	—
2e »	+ 3,91	+ 8,76	0,65	76,3	60
3e »	+ 4,69	+ 10,19	0 52	20,2	—
Mois	+ 3,95	+ 9,44	0,58	115,5	60

Dans ce mois, l'air a été calme 0,0 fois sur 100.

Le rapport des vents du NE. à ceux du SO. a été celui de 1,86 à 1,00.

La direction de la résultante de tous les vents observés est N. 45° E., et son intensité est égale à 36,2 sur 100.

BIBLIOTHÈQUE UNIVERSELLE
ARCHIVES DES SCIENCES PHYSIQUES ET NATURELLES

TABLE DES MATIÈRES

CONTENUES DANS LE TOME LIX (NOUVELLE PÉRIODE)

1877. — Nos 233 à 236.

BULLETIN SCIENTIFIQUE

ASTRONOMIE.

PHYSIQUE.

CHIMIE.

ZOOLOGIE, ANATOMIE ET PALÉONTOLOGIE.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES
faites à Genève et au Grand Saint-Bernard

